

Кыргыз Республикасынын Улуттук  
илимдер академиясынын

Машина таануу жана Автоматика  
институту

ISSN 1694-7657

# МАШИНА ТААНУУ

ИЛИМИЙ-ТЕХНИКАЛЫК ЖУРНАЛ

№ 2 (14)

Бишкек 2021

**Редакциялык топ:**

Джуматаев М.С., башкы редактор, техн. илим. д-ру, проф., КР УИА академиги;  
Султаналиев Б.С., башкы редактордун орун басары, техн. илим. д-ру, проф.;  
Абдраимов Э.С., техн. илим. д-ру, проф.;  
Абидов А.О., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;  
Анохин А.В., техн. илим. канд, у.и.к.;  
Аширалиев А., техн. илим. д-ру, проф.;  
Давлятов У.Р., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;  
Еремьянц В.Э., техн. илим. д-ру, проф.;  
Мамасаидов М.Т., д техн. илим. д-ру, проф., КР УИА академиги;  
Маткеримов Т.Б., техн. илим. д-ру, проф.;  
Мендекеев Р.А., техн. илим. д-ру, проф.;  
Муслимов А.П., техн. илим. д-ру, проф.;  
Рагрин Н.А., техн. илим. д-ру, проф.;  
Садиева А.Э., техн. илим. д-ру, проф.;  
Ураимов М., техн. илим. д-ру, проф., КР УИА корр.-мүчөсү;  
Усубалиев Ж., техн. илим. канд, проф.;  
Шамсутдинов М.М., техн. илим. д-ру, проф.;  
Шариембиев Ж.С., техн. илим. д-ру, доцент;  
Эликбаев К.Т., техн. илим. канд.

**Жоопту катчы:** Квитко С.И., техн. илим. канд, у.и.к.

Журнал илимий-изилдөө иштеринин натыйжалары боюнча төмөнкү багыттар боюнча макалаларды, кароолорду жана кыскача билдирүүлөрдү жарыялайт:

Механика:

Суюктуктардын жана газдардын механикасы;  
Майышуучу катуу дене тулку механикасы;  
Механизмдердин жана машиналардын назарияты;  
Механикалык системалардын термелүүлөр.

Машина куруу:

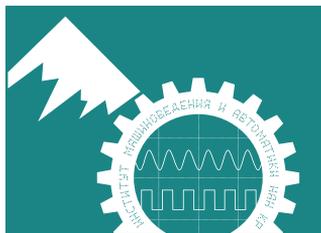
Машина таануу жана машине тетиктери;  
Машина куруучу материалдар;  
Тоо-кен машина куруу;  
Курулуш жана жол машина куруу;  
Айыл чарба машина куруу.

Энергетика жана унаа:

Энергиянын кайра иштелип чыккан булактары;  
Жол кыймылынын коопсуздугу жана уюштуруу.

Редактор: Комарова Е.В.  
Компьютердик калыптоо: Толгоева М.Б.  
КР УИА МТАИ басмасы

Редакция дареги:  
Бишкек, 720055, Скрябин к., 23, КР УИА МТАИ  
Тел.: +996 (0312) 54 11 13  
E-mail: machinery.kg@gmail.com  
© КР УИА МТАИ



**Национальная академия наук  
Кыргызской Республики**

**Институт машиноведения и  
автоматики**

**ISSN 1694-7657**

# **МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**№ 2 (14)**

**Бишкек 2021**

**Редакционная коллегия:**

*Джуматаев М.С., главный редактор, д-р. техн. наук, проф., академик НАН КР;*  
*Султаналиев Б.С., зам. главного редактора, д-р. техн. наук, проф.;*  
*Абдраимов Э.С., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Абидов А.О., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;*  
*Анохин А.В., канд. техн. наук, с.н.с.;*  
*Аширалиев А., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Давлятов У.Р., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;*  
*Еремьянц В.Э., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Мамасаидов М.Т., д-р. техн. наук, проф., академик НАН КР;*  
*Маткеримов Т.Ы., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Мендекеев Р.А., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Муслимов А.П., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Обозов А.Д., д-р. техн. наук, проф.; член-корр. НАН КР;*  
*Рагрин Н.А., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Садиева А.Э., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Ураимов М., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;*  
*Усубалиев Ж., канд. техн. наук, проф.;*  
*Шамсутдинов М.М., д-р. техн. наук, проф.;*  
*Шаршембиев Ж.С., д-р. техн. наук, доцент;*  
*Эликбаев К.Т., канд. техн. наук.*

**Ответственный секретарь:** Квитко С.И., канд. техн. наук, с.н.с.

Журнал публикует статьи, обзоры и краткие сообщения по результатам научно-исследовательских работ по следующим направлениям:

Механика:

Механика жидкости и газа;  
Механика деформируемого твердого тела;  
Теория механизмов и машин;  
Колебания механических систем.

Машиностроение:

Машиноведение и детали машин;  
Машиностроительные материалы;  
Горное машиностроение;  
Строительное и дорожное машиностроение;  
Сельскохозяйственное машиностроение.

Энергетика и транспорт:

Возобновляемые источники энергии;  
Организация и безопасность дорожного движения.

Редактор: Комарова Е.В.

Компьютерная верстка: Толтоева М.Б.

Издание ИМА НАН КР

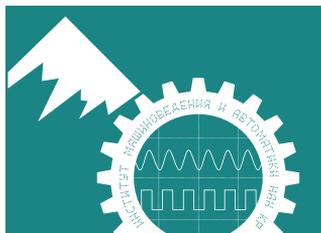
Адрес редакции:

Бишкек, 720055, ул. Скрябина, 23, ИМА НАН КР

Тел.: +996 (0312) 54 11 13

E-mail: machinery.kg@gmail.com

© ИМА НАН КР



**National Science Academy The  
Kyrgyz Republic**

**Machinery researching and  
Automatics Institute**

**ISSN 1694-7657**

# **MACHINERY RESEARCHING**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL**

**№ 2 (14)**

**Bishkek 2021**

**Editorial Board:**

*Dzhumataev M.S., chief editor, Dr. tech. Sciences, prof., Academician of the NAS of the KR;*  
*Sultanaliev B.S., deputy. chief editor, Dr. tech. sciences, prof. ;*  
*Abdraimov E.S., Dr. tech. sciences, prof. ;*  
*Abidov A.O., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;*  
*Anokhin A.V., Cand. tech. sciences, senior sciences;*  
*Ashiraliev A., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Davlyatov U.R., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;*  
*Elikbaev K.T., Cand. tech. sciences.*  
*Eremyants V.E., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Mamasaidov M.T., Dr. tech. Sciences, prof., Academician of the of the NAS of the KR;*  
*Matkerimov T.Y., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Mendekeev R.A., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Muslimov A.P., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Ragrin N.A., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Sadieva A.E., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Shamsutdinov M.M., Dr. tech. sciences, prof.;*  
*Sharshembiev Zh.S., Dr. tech. Sciences, Associate Professor;*  
*Uraimov M., Dr. tech. sciences, prof., corresponding member NAS KR;*  
*Usabaliyev Zh., Cand. tech. sciences, prof.;*

**Executive Secretary:** Kvitko S.I., Cand. tech. sciences, senior sciences.

The journal publishes articles, reviews and brief reports on the results of research works in the following areas:

**Mechanics:**

Fluid and gas mechanics;  
Deformable Solid Mechanics;  
The theory of mechanisms and machines;  
Vibrations of mechanical systems.

**Mechanical engineering:**

Machinery researching and Machine Parts;  
Engineering materials;  
Mining engineering;  
Construction and road engineering;  
Agricultural engineering.

**Energy and transport:**

Renewable energy sources  
Organization and road safety.

Editor: Komarova E.V.

Computer layout: Toltoeva M.B.

Edition of MRAI KR NAS

Editorial office address:

Bishkek, 720055, st. Scriabin, 23, MRAI KR NAS

Tel.: +996 (0312) 54 11 13

E-mail: machinery.kg@gmail.com

© MRAI KR NAS

## МАЗМУУНУ

### МЕХАНИКА

*Абдраимов Э.С., Исманов М.М., Пакирдинов Р.Р., Абсамат кызы Г.*  
Өзгөрмөлүү түзүмдөгү ургулоо механизмдин негизинде курлуу  
өткөргүчтүү титиркертимдин динамикалык үлгүсүн түзүү.....10

### МАШИНА КУРУУ

*Ураимов М.*  
Сокку-буруу ыкмасында иштөөчү гидравликалык перфоратордун жумуш  
жараянынын өзгөчөлүктөрү.....18

*Султаналиев Б.С., Абсаматов Э.*  
Жер астындагы жумуштарды өтүү үчүн бургулап-жардыруу жана  
жардырбас технологиялардын майнаптуулугун салыштырмалуу  
талдоо.....28

*Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н.*  
Сокку ыкмасы менен тоо тулкусунан таштын ири бөлүгүн бөлүп алуучу  
ургу-шынаа шайманынын өбөлгөлөрүн иштеп чыгаруу.....45

*Анохин А.В., Васильев В.Б.*  
Жыштыкты жөндөмдөөчү кыймыл келтиргичтери бар бургулоо машинаны  
башкаруу системаларын иштеп чыгаруу.....54

*Муслимов А.П., Квитко С.И., Васильев В.Б.*  
Суюктуктун чыгымдарын серпим-соккулуу жана жыштык-соккулуу  
жөндөөчү тестин гидросуппортун куралын жылыдырусун башкаруучу  
автоматтык системаларын иштеп чыгаруу.....64

*Рагрин Н.А., Дыйканбаева У.М., Айнабекова А.А., Курганова Д.М.*  
Бургулоону иштетүүдө тешиктердин үстүңкү катмарынын сапатын  
жогорулатуу.....76

### ЭНЕРГЕТИКА ЖАНА УНАА

*Аширалиев А., Кокумбаева К.А.*  
Электр чордондорунун түрлөрүн диверсификациялоо – өлкөнүн энергия  
коопсуздугун арттыруу жолу.....86

# СОДЕРЖАНИЕ

## МЕХАНИКА

- Абдраимов Э.С., Исманов М.М., Пакирдинов Р.Р., Абсамат кызы Г.*  
Построение динамической модели ударного механизма виброплиты на основе механизма переменной структуры с ременной передачей.....10

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Ураимов М.*  
Особенности рабочих процессов гидравлического перфоратора для ударно-поворотного бурения.....18
- Султаналиев Б.С., Абсаматов Э.*  
Сравнительный анализ эффективности буровзрывной и безвзрывной технологий проходки подземных выработок.....28
- Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н.*  
Предпосылки к разработке ударно-клинового устройства для отделения блока камня от массива ударным способом.....45
- Анохин А.В., Васильев В.Б.*  
Разработка систем управления бурильной машины с частотно-регулируемыми приводами.....54
- Муслимов А.П., Квитко С.И., Васильев В.Б.*  
Разработка автоматических систем управления подачей инструмента гидросуппорта станка с амплитудно-импульсным и частотно-импульсным регулированием расхода жидкости .....64
- Рагрин Н.А., Дыйканбаева У.М., Айнабекова А.А., Курганова Д.М.*  
Повышение качества поверхностного слоя отверстий при обработке сверлением.....76

## ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ

- Аширалиев А., Кокумбаева К.А.*  
Диверсификация видов электростанций – путь к энергобезопасности страны.....86

## CONTENTS

### MECHANICS

- Abdraimov E.S., Ismanov M.M., Pakirdinov R.R., Absamat kyzy G.*  
Development of dynamic models powerful mechanism shaping on the base vsm  
with belt transactions.....10

### MECHANICAL ENGINEERING

- Uraimov M.*  
Features of the working processes of the hydraulic rock drill for percussive  
drilling.....18
- Sultanaliev B.S., Absamatov E.N.*  
Comparative analysis of the efficiency of drilling and blasting and explosion-free  
technologies for driving underground workings.....28
- Elikbayev K.T., Kynatbekova N.N.*  
Prerequisites for the development of a shock-wedge device for separating a block  
of stone from an array by an impact method.....45
- Anohin A.V., Vasiliev V.B.*  
Development of control systems for drilling machines with variable frequency  
drives.....54
- Muslimov A.P., Kvitko S.I., Vasilev V.B.*  
Development of automatic tool supply control systems with amplitude-pulsed  
and frequency-pulsed liquid flow control.....64
- Ragrin N.A., Dyikanbaeva U.M., Ainabekova A.A., Kurganova D.M.*  
Improving the quality of the surface layer of holes during drilling.....76

### ENERGY AND TRANSPORT

- Ashiraliev A., Kokumbaeva K.A.*  
Diversification of types of power plants - the way to the energy security of the  
country.....86

## **МЕХАНИКА**

## **МЕХАНИКА**

## **MECHANICS**

УДК 621.01

### **ӨЗГӨРМӨЛҮҮ ТҮЗҮМДӨГҮ УРГУЛОО МЕХАНИЗМДИН НЕГИЗИНДЕ КУРЛУУ ӨТКӨРГҮЧТҮҮ ТИТИРКЕРТИМДИН ДИНАМИКАЛЫК ҮЛГҮСҮН ТҮЗҮҮ**

### **ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УДАРНОГО МЕХАНИЗМА ВИБРОПЛИТЫ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ**

### **DEVELOPMENT OF DYNAMIC MODELS POWERFUL MECHANISM SHAPING ON THE BASE VSM WITH BELT TRANSACTIONS**

*Э. С. Абдраимов, М. М. Исманов, Р. Р. Пакирдинов, Абсамат кызы Г.  
E. S. Abdraitov, M. M. Ismanov, R. R. Pakirdinov, Absamat kzy G.*

Макалада кур өткөргүчтүү өзгөрүлмөлүү түзүмдөгү механизмдин негизинде иштеген кол титиркетиминин математикалык үлгүсүн түзүү ирети каралган. Машинанын электр кыймыл өткөргүчү бар эксперименталдык үлгүсү келтирилген. Электр кыймылдаткыч, тиштүү дөңгөлөктөрдөн жана термелгичтен турган машинанын динамикалык модели түзүлгөн. Динамикалык моделде кыймылдаткыч ротордун ийин күчүнө барабар ийри муунактын ок толгоочуна орнотулган жетелөөчү жылга чыгырык менен жылга чыгырык-дөңгөлөк жана ургулоо механизмдин термелгичинин массасынын ийин күчү бар көрсөтүлгөн. Термелгич ийри муунактын бурулуу бурчуна көзкарандуу өзгөрүлмө инерция ийин күчүнө ээ. Лагранж теңдемесине кинетикалык энергиянын туюнтмаларын жайгаштырып, кыймылдаткычтын роторунун ок толгоочуна өткөрүлгөн тогоолордун инерция ийин күчүн эске алып, механизмдердеги сүрүлүү күчтөрү эсепке алынбай, машинанын кыймылынын теңдемеси алынган.

*В статье рассматривается порядок составления математической модели ручной виброплиты на основе механизма переменной структуры с ременной передачей. Представлена экспериментального образца машина с электрическим приводом. Построена динамическая модель механизма, состоящего из двигателя, зубчатых шестерен и коромысла. В динамической модели двигатель представлен с моментом инерции, равной моменту инерции ротора двигателя, ведущего шкива и шкив-колеса, установленного на валу кривошипа с инерциями, и коромысла ударного механизма массы с моментом инерции. Коромысло имеет переменный момент инерции, зависящий от угла поворота кривошипа. Подставляя выражение для кинетической энергии в уравнение Лагранжа, учитывая, что момент инерции звеньев, приведенных к валу ротора двигателя, пренебрегая силами трения в механизмах, получено уравнение движения машины.*

*The article discusses the procedure for compiling a mathematical model of a manual vibrating plate based on a variable structure mechanism with a belt drive. An experimental model of an electrically driven machine is presented. A dynamic model of a mechanism consisting of a motor, toothed gears and a rocker arm has been built. In the dynamic model, the engine is represented with a moment of inertia equal to the moment of inertia of the engine rotor, a driving pulley and a pulley-wheel mounted on the crank shaft with inertias and a rocker of the percussion mass mechanism with a moment of inertia. The rocker has a variable moment of inertia, depending on the angle of rotation of the crank. Substituting the expressions for the kinetic energy in the Lagrange equation, taking into account that the moment of inertia of the links reduced to the motor rotor shaft, neglecting the friction forces in the mechanisms, the equation for the motion of the machine is obtained.*

**Түйүн сөздөр:** өзгөрүлмөлүү түзүмдөгү механизм; кол титиркертим; машинанын математикалык үлгүсү; эксперименталдык үлгү; беймаштык кыймылдаткыч.

**Ключевые слова:** механизм переменной структуры; ручная виброплита; экспериментальный образец; математическая модель машины; асинхронный двигатель.

**Key words:** variable structure mechanism; manual vibrating plate; experimental sample; mathematical model of the machine; asynchronous motor.

Разработка отечественных машин способствует развитию машиностроения, которое выступает отраслью экономики с высокой добавленной стоимостью и поэтому представляет интерес для государства. В период формирования рыночных устоев поддержка отраслей с высокой добавленной стоимостью является объектом

государственной поддержки во многих странах мира, как развивающихся, так и высокоразвитых.

Из-за высокой стоимости ручных импортных грунтоуплотняющих машин их приобретение не под силу многим строительно-дорожным организациям страны. Поэтому труднодоступные участки строительства часто приходится уплотнять ручным способом. Однако в этом случае грунт недостаточно уплотняется и через 2-3 года проседает, что требует больших затрат на ремонтно-восстановительные работы.

При выполнении уплотнительных работ в стесненных условиях и труднодоступных местах не могут быть использованы крупные грунтоуплотняющие средства, их габариты и силовое воздействие на обрабатываемую среду не соответствуют размерам этих мест и условиям сохранности ответственных элементов, конструкций в них (трубы, кабели, опоры, плиты, балки и т.п.) [1]. В таких условиях уплотнение грунтов производится преимущественно малогабаритными ручными трамбовками и виброплитами, где не требуется высокая производительность. Как было выше отмечено, на производстве эксплуатируются импортные ручные машины, которые имеют ряд недостатков, а именно сложность ремонта, отсутствие запасных частей машин. В связи с этим данные разработки направлены Инженерной академии Кыргызской Республики для создания отечественных ручных ударных машин, в том числе грунтоуплотняющих, являющихся актуальными.

Одной из разработок Инженерной академии Кыргызской Республики в этом направлении является ручная виброплита на основе механизма переменной структуры (МПС) (рисунок 1). Данная виброплита обеспечивает уплотнение грунта в процессе восстановительных работ на строительстве.

Как известно, в качестве основного параметра в ручных грунтоуплотняющих машинах принимается энергия удара. Этот параметр в значительной мере характеризует эффективность работы ударных машин и может быть использован как один из критериев ударного механизма виброплиты. Но судить о качестве



Рисунок 1– Общий вид ручной виброплиты с МПС

машины в целом, принимая за критерий энергию единичного удара башмака, нецелесообразно, так как эффективность работы машины зависит также и от числа ударов и скорости перемещения [1]. Поэтому для полноценной оценки работы машины необходимо исследование динамики основных элементов и машины в целом.

В качестве рассматриваемых параметров при исследовании динамики элементов являются такие параметры, как энергия удара, частота ударов, момент двигателя, предупредная угловая скорость кривошипа и т.д.

Процесс взаимодействия коромысла-бойка с волноводом и передачи энергии в обрабатываемую среду представляет собой отдельную задачу, и в данной работе она не рассматривается. Целью данной работы является составление математической модели силовой трансмиссией виброплиты от электродвигателя до коромысла – ударного элемента машины.

Исполнительный механизм виброплиты состоит из асинхронного двигателя 1 (рисунок 2), ведущего шкива 2, шкив-колеса 3, кривошипа 4, шатуна 5 и коромысла 6. Для этого на основе кинематической схемы виброплиты составляется динамическая модель, состоящая из двигателя, ведущего шкива, шкив-колеса, установленного на валу кривошипа, и коромысла (рисунок 3).

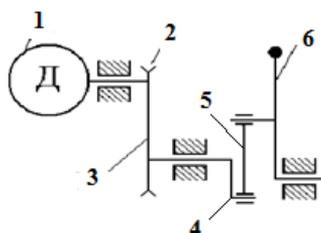
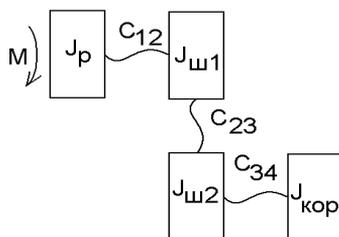


Рисунок 2 – Кинематическая схема ручной трамбовки



$J_p$  – момент инерции двигателя;  $J_{ш1}$  – момент инерции ведущего шкива;  $J_{ш2}$  – момент инерции шкив-колеса;  $J_{кор}$  – переменный момент инерции коромысла, зависящий от угла поворота кривошипа;  $C_{12}$  – коэффициент жесткости шпонки вала ротора, на котором установлена ведущая шестерня;  $C_{23}$  – коэффициент жесткости ременной передачи между шкивом 2 и шкив-колесом 3 (рис. 2);  $C_{34}$  – коэффициент жесткости шпонки шкив-колеса;  $M$  – момент двигателя

Рисунок 3 – Динамическая модель ударного узла машины

В динамической модели двигатель представлен в виде массы с моментом инерции  $J_p$ , равной моменту инерции ротора двигателя, ведущего шкива и шкив-колеса, установленного на валу кривошипа, – в виде масс с моментами инерции  $J_{ш1}$  и  $J_{ш2}$  и коромысла ударного механизма – в виде массы с моментом инерции  $J_{кор}$ . Коромысло имеет переменный момент инерции, зависящий от угла поворота кривошипа. Соединение ведущего шкива с валом двигателя представляется как шпоночное соединение с коэффициентом жесткости  $C_{12}$  и ременная передача между ведущим шкивом и шкив-колесом представлена как ременное соединение с коэффициентом жесткости  $C_{23}$ .

С использованием традиционной методики расчета, приведенной в работе [2], определяются инерционные моменты

ротора двигателя, зубчатых шестерен и коромысла. Так как жесткость этих звеньев намного больше жесткостей остальных звеньев, то они представляются как жесткие массы их с определенными моментами инерции.

В таблице 1 приведены инерционные моменты звеньев механизма, коэффициенты жесткости и податливости.

Таблица 1 – Параметры звеньев ударного узла ручной виброплиты

|   |          |          |          |           |
|---|----------|----------|----------|-----------|
| Момент инерции $J \cdot 10^{-3}$ ,<br>кг·м <sup>2</sup> | $J_p$    | $J_{ш1}$ | $J_{ш2}$ | $J_{кор}$ |
|   | 33       | 31       | 103      | 18,94     |
| Жесткость $C \cdot 10^{-3}$ ,<br>Н·м                    | $C_{12}$ | $C_{23}$ | $C_{34}$ |           |
|   | 7,56     | 0,6      | 30,5     |           |

Для упрощения расчета все параметры звеньев ударного узла машины приводятся к валу двигателя (рисунок 3).

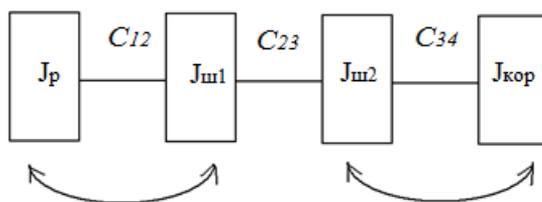


Рисунок 3 – Схема приведения звеньев динамической системы к валу двигателя

Из этой четырехмассовой динамической модели видно, что податливости между 1-й и 2-й массой, 2 и 4-й массой намного больше, чем 2-й и 3-й. Анализ парциальных систем собственных частот этой модели показывает, что динамическую модель можно рассматривать в виде двухмассовой модели, суммируя инерционные массы 1 и 2, 3 и 4 согласно методике, приведенной в работе [2].

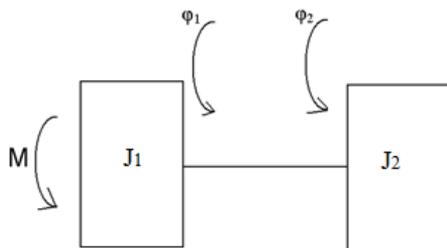


Рисунок 4 – Двухмассовая динамическая система

В итоге четырехмассовая динамическая система упрощается, и образуется двухмассовая динамическая система (рисунок 4).

Для составления уравнения движения двухмассовой системы используется уравнение Лагранжа 2 рода.

Подставляя выражение для кинетической энергии в уравнение Лагранжа, учитывая, что момент инерции звеньев, приведенных к валу ротора двигателя, является функцией от угла поворота ротора двигателя, пренебрегая силами трения в механизмах, получим следующее уравнение движения машины:

$$\begin{cases} J_1 \varphi_1'' + c(\varphi_1 - \varphi_2) = M_\delta \\ \frac{\partial J_2}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\varphi_2'^2}{2} - c(\varphi_1 - \varphi_2) = 0 \end{cases}$$

где  $J_1, J_2$  – переменный момент инерции первой и второй массы, зависящий от угла поворота;  $\varphi_1, \varphi_2$  – угол поворота первой и второй массы.

Данная система уравнений решается численными методами. Для упрощения вычислений используются современные языки программирования. В результате решения системы уравнений будут получены основные кинематические параметры рассматриваемых звеньев и их взаимосвязь.

### Литература

1. Никишин Н. И., Батуев Н. М. Конструкция ударных механизмов ручных машин // Центральный научно-исследовательский институт информации технико-экономических исследований по строительному, дорожному и коммунальному машиностроению. – Вып. 2. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1980. – С. 30 – 35.
2. Еремьянц В. Э. Построение и анализ динамических моделей механизмов. Часть 1. Учебно-методическое пособие / Кыргызско-Российский Славянской университет. – Бишкек, 2000. – С.1 – 60.
3. Пакирдинов Р. Р. Разработка и создание ручных грунтоуплотняющих машин на основе механизма переменной структуры: Авторефер. дисс. ... канд. тех. наук. – Бишкек, 2008. – С.1 – 19.

**МАШИНА КУРУУ**  
**МАШИНОСТРОЕНИЕ**  
**MECHANICAL ENGINEERING**

УДК 622.233.65

**СОККУ-БУРУУ ЫКМАСЫНДА ИШТӨӨЧҮ**  
**ГИДРАВЛИКАЛЫК ПЕРФОРАТОРДУН ЖУМУШ**  
**ЖАРАЯНЫНЫН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ**

**ОСОБЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ**  
**ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПЕРФОРАТОРА ДЛЯ**  
**УДАРНО-ПОВОРОТНОГО БУРЕНИЯ**

**FEATURES OF THE WORKING PROCESSES OF THE**  
**HYDRAULIC ROCK DRILL FOR PERCUSSIVE**  
**DRILLING**

**Ураимов М.**  
**Uraimov M.**

*Бул макалада ургулоочу жана буруучу механизмдери бир тулкуда жайгашкан гидравликалык перфоратордын конструкциясы келтирилген. Ал перфоратордун жумуш жараянынын өзгөчөлүктөрү каралган. Айлануу ийин күчтүн жеткиликтүү мааниси аркылуу жыйдыруучу күчтүн жогорлоосунда, көрсөтүлгөн перфоратордун жардамы менен текти жеке ургулап уратуу эмес, жумуш циклында айрым фазаларда тоо тегин кессе да болот, ушул касиети менен азыркы учурда белгилүү куяларды бургулоочу машиналардан бул перфоратор айрмаланып турат. Ошондуктан, басуу күчүнүн чоңдугуна жараша, бул перфоратор ургулоо-буруу жана ургулоо-айлантма ыкмасына жакын ыкма менен иштей алат.*

*Представлена конструкция гидравлического перфоратора, в котором ударный механизм и механизм вращения инструмента расположены в одном корпусе. Рассмотрены особенности рабочего процесса перфоратора. Показано, что при увеличении усилия подачи, благодаря достаточно высокому значению крутящего момента, с помощью представленного перфоратора можно обеспечить не только ударное разрушение породы, но на отдельных фазах рабочего цикла осуществить срез горной породы, что отличает от известных в настоящее время машин для бурения шпуров. Следовательно, в зависимости от усилия подачи инструмента на забой*

данный перфоратор может обеспечивать как ударно-поворотное бурение, так и способ бурения, близкий к ударно-вращательному режиму бурения крепких пород.

*The design of a hydraulic perforator is presented, in which the impact mechanism and the tool rotation mechanism are located in the same housing. The features of the working process of the perforator are considered. Therefore, depending on the force of feeding the tool to the bottomhole, this perforator can provide both rotary percussion drilling and a drilling method close to percussion-rotary drilling of hard rocks. It is shown that with an increase in the feed force, due to a sufficiently high value of the torque, using the presented perforator, it is possible to provide not only impact destruction of the rock, but also to cut the rock at certain phases of the working cycle, which differs from currently known machines for drilling holes.*

**Түйүн сөздөр:** гидравликалык перфоратор, ургулоо-буруу бургулоо, сокку механизм, сокку механизми, айлантма механизми, айлануу ийин күч.

**Ключевые слова:** гидравлический перфоратор, ударно-поворотное бурение, ударный механизм, механизм вращения, крутящий момент.

**Keywords:** hydraulic drilling machine, shock-turn drilling, drilling tool, impact mechanism, rotation mechanism, increasing rotation moment.

При бурении горных пород бурильными установками обычно используются вращательно-ударный и ударно-поворотный способы бурения. Наибольшее распространение в горнорудной промышленности в настоящее время получил вращательно-ударный способ бурения, который благодаря возможности передачи высокой мощности к среде обеспечивает высокую скорость бурения. В соответствии с этим в настоящее время большинство производителей буровой техники выпускают бурильные машины для реализации данного способа бурения.

Для бурения шпуров ударно-поворотным способом в горном деле и строительстве широкое применение получили ручные перфораторы, обеспечивающие бурение шпуров и скважин в крепких горных породах. При бурении таким способом разрушение породы на забое фактически происходит за счет удара, а поворот бурового инструмента используется для перемещения инструмента на новую позицию. При этом после удара инструмент отскакивает от забоя, и для его поворота не требуется большой крутящий момент.

Кроме этого способа, выделяют также ударно-вращательный способ бурения. Отличие данного способа от широко распространенного в настоящее время вращательно-ударного бурения, по данным источников [1, 3], заключается в том, что мощность ударного узла больше мощности вращателя.

Для бурения шпуров вращательно-ударным и ударно-вращательным способом выпускается большое количество бурильных машин с гидравлическим приводом, характеризующихся высокой мощностью ударного механизма и вращателя. Поэтому скорость бурения этими способами значительно выше по сравнению с ударно-поворотным способом.

Одним из факторов, ограничивающих широкое применение ударно-поворотного способа бурения, является отсутствие соответствующих машин с большой мощностью. Существующие перфораторы для бурения ударно-поворотным способом имеют пневматический привод ударного механизма, а поворот инструмента происходит при обратном ходе поршня за счет связанного с ним геликоидального механизма. При больших усилиях подачи инструмента на забой момент, необходимый для поворота инструмента, возрастает, что приводит к замедлению движения поршня ударного механизма или его полной остановке.

Применение гидравлического привода для создания машин для ударно-поворотного бурения представляется одним из перспективных направлений при создании машин рассматриваемого класса.

Такой перфоратор при значительно большем крутящем моменте на инструменте обладает при одинаковой мощности меньшими габаритами и массой по сравнению с пневматическими перфораторами, большим коэффициентом полезного действия, не требует использования громоздких компрессорных станций и не загрязняет окружающую среду выхлопом отработанного воздуха.

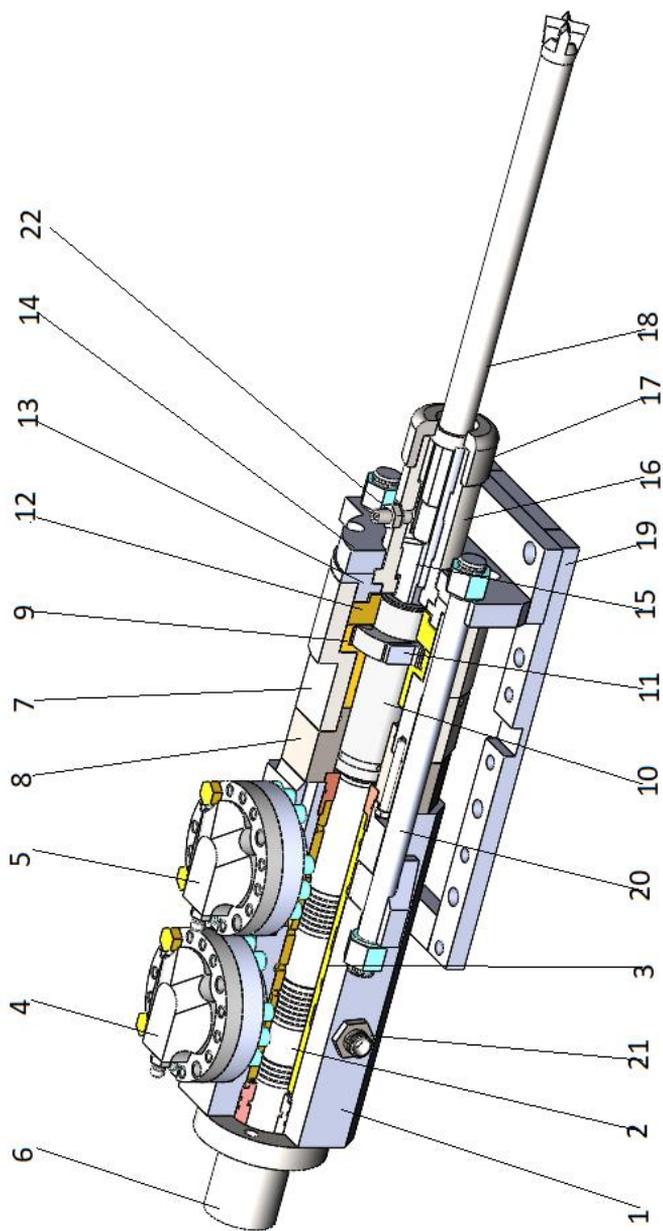
С целью расширения областей применения ударно-поворотного способа бурения крепких пород за счет использования преимуществ гидравлического привода была разработана конструкция перфоратора с гидравлическим механизмом поворота инструмента, расположенным в одном корпусе с ударным механизмом. Перфоратор

разработан на основе схемы, представленной в работе [5]. Общий вид перфоратора, рассматриваемого в данной работе, которому присвоено обозначение ГП 250, представлен на рисунке 1. Основные конструктивные решения, принятые при разработке данной конструкции перфоратора, были ранее апробированы и проверены при испытаниях ранее созданного перфоратора, результаты которых представлены в [4, 6, 7].

Перфоратор состоит из трёх узлов, соединенных между собой. Это ударный механизм, механизм поворота бурового инструмента и буродержатель с узлом крепления бурового инструмента. Все эти узлы расположены соосно и стянуты между собой двумя продольными шпильками. В собранном виде перфоратор устанавливается на плиту, которая далее может быть прикреплена к подающему механизму буровой установки.

В состав ударного механизма входят корпус 1, поршень-ударник 2, гильза 3 с двумя направляющими втулками. Гильза запрессована в центральном отверстии корпуса. Во внутреннем отверстии гильзы с возможностью совершения возвратно-поступательного движения размещён поршень-ударник. Перемещение поршня-ударника в осевом направлении ограничивается двумя направляющими втулками, расположенными на торцах гильзы. В корпусе выполнены продольные и поперечные каналы, соединенные с источником питания через соответствующие штуцеры 21, расположенные по обе стороны корпуса ударника. В центральном отверстии гильзы с использованием поясков ступенчатого поршня-ударника образовано несколько рабочих камер, соединенных через радиальные отверстия гильзы с коммутационными каналами, расположенными в корпусе.

На корпусе размещены напорный 4 и сливной 5 аккумуляторы, с помощью которых достигается уменьшение колебания давления в гидросистеме. Жидкостные камеры аккумуляторов соединены с соответствующими каналами с напорной и сливной магистралями. К корпусу прикреплён задний фланец 6, обеспечивающий силовое замыкание конструкции с задней стороны.



1 – корпус ударника, 2 – поршень-ударник, 3 – гильза с направляющими втулками, 4,5 – напорный и сливной гидропневмоаккумуляторы, 6 – задний фланец, 7 – корпус гидромотора, 8 – статор, 9–поворотная втулка, 10 –рогор, 11 – храповой механизм, 12 –огора ротора, 13 – передний фланец гидромотора, 14 – стойка, 15 – хвостовик, 16 –буродержатель, 17 – фиксатор хвостовика, 18 – штанга буровая, 19 – основание, 20 – шпилька стяжная, 21 – штуцер подачи жидкости, 22 – штуцер для подачи воздуха.

Рисунок 1 – Общий вид перфоратора ГП 250

В передней части перфоратора размещен механизм поворота бурового инструмента, выполненный в виде гидромотора. Он состоит из корпуса 7, статора 8, поворотной втулки 9 и ротора 10. Ротор с возможностью совершения вращения размещён в статоре и специальной опоре 12.

По наружному диаметру на ротор с возможностью поворота посажена поворотная втулка.

В настоящее время разработанная конструкция перфоратора изготовлена, и проведен начальный этап экспериментальных исследований. В процессе испытаний перфоратора установлена работоспособность разработанной конструкции и возможность бурения шпуров по крепким породам.

Особенностью перфоратора является то, что величина крутящего момента не связана с энергией удара ударного механизма, как это наблюдается в перфораторах с геликоидальным механизмом поворота бурового инструмента. Величина крутящего момента при прочих равных условиях зависит только от площади торца поворотной втулки, на который действует давление жидкости. Благодаря этому крутящий момент, развиваемый на буровом инструменте, может достигать значительных величин, сопоставимых с крутящим моментом бурильных машин ударно-вращательного и вращательно-ударного действия, обеспечивающим срезание слоя породы.

Конструкция представленного перфоратора позволяет осуществлять поворот буровой штанги как в конце холостого хода поршня-ударника, так и после соударения его со штангой. В отличие от пневматических перфораторов с геликоидальным механизмом поворота в данном перфораторе поворот штанги осуществляется в периоды рабочего цикла, когда поршень-ударник неподвижен или имеет минимальную скорость. Поэтому практически вся подача жидкости, обеспечиваемая источником питания в эти периоды, используется для поворота бурового инструмента.

Особенность рабочего процесса, реализуемого данным перфоратором, можно представить в виде диаграмм, характеризующих характер протекания рабочего процесса соответствующих машин. На

рисунке 2 представлены диаграммы изменения скорости  $U$ , угла поворота бурового инструмента  $\varphi$  и глубины  $h$  внедрения бурового инструмента в течение двух рабочих циклов работы, построенных при различных значениях усилия прижатия бурового инструмента.

В отличие от ударника, имеющего специальное распределительное устройство, в данном перфораторе роль распределителя выполняет механизм поворота бурового инструмента. По этой причине диаграмма изменения скорости поршня-ударника (рисунок 2а) имеет особенность, которая заключается в том, что в точках переключения или в конце холостого и рабочего ходов скорость его снижается или равна нулю, потому что в этих точках основной поток жидкости используется для поворота бурового инструмента и на возврат поворотной втулки в исходное положение.

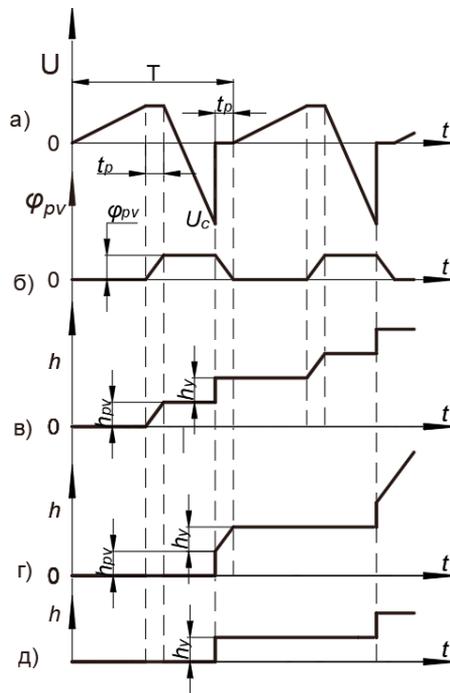


Рисунок 2 – Диаграммы изменения параметров работы перфоратора по времени: скорость поршня-ударника (а), угол поворота поворотной втулки (б), глубина внедрения инструмента в породу при его повороте при максимальном усилии прижатия в конце холостого хода (в) и в конце рабочего хода (г), глубина внедрения инструмента при минимальном усилии прижатия (д)

Поворотная втулка, которая является ведущим звеном механизма поворота, в зависимости от положения поршня-ударника, совершает возвратно-поворотное движение вокруг центральной оси. Диаграмма изменения движения поворотной втулки показана на рисунке 2 б.

Крутящий момент, развиваемый при повороте поворотной втулки, передаётся к ротору и далее через хвостовик к буровой штанге. Поворотная втулка и ротор соединены между собой через храповой механизм, поэтому поворот поворотной втулки с передачей крутящего момента осуществляется только в одном направлении.

Поворот поворотной втулки с передачей крутящего момента можно осуществлять в одном из двух положений: в конце холостого хода и в конце рабочего хода, после нанесения удара по торцу хвостовика.

Диаграммы изменения глубины внедрения по времени для двух возможных вариантов поворота бурового инструмента представлены на рисунках 2 в и 2 г.

В первом случае, когда поворот бурового инструмента происходит в конце холостого хода, под действием крутящего момента сначала происходит срез породы и инструмент внедряется на глубину  $h_{pv}$ . В конце рабочего цикла под действием удара буровой инструмент внедряется в породу на глубину  $h_y$ . Суммарная глубина внедрения в породу бурового за один рабочий цикл составит  $h = h_y + h_{pv}$  (рисунок 2 в).

Во втором случае внедрение рабочего инструмента в породу происходит в конце рабочего цикла. Сначала буровой инструмент под действием удара внедряется в породу на глубину  $h_y$ , затем осуществляется поворот бурового инструмента и срез породы на глубину  $h_{pv}$ . Суммарная глубина внедрения, как и в первом случае, составит  $h = h_y + h_{pv}$  (рисунок 2 г).

Эти варианты работы перфоратора возможны, если усилие подачи его к забою достаточно большое и обеспечивает непрерывный контакт с породой. В противном случае, если сила подачи мала и не обеспечивает контакт инструмента с породой, срез породы становится невозможным и разрушение породы осуществляется только

под действием удара, что показано на рисунке 2 д. В этом случае реализуется ударно-поворотный способ бурения.

В отличие от бурильных машин вращательно-ударного действия, которые обеспечивают непрерывное вращение бурового инструмента, при работе рассматриваемого перфоратора поворот бурового инструмента прерывистый и осуществляется между ударами с остановками. При этом поворот бурового инструмента так же, как и при вращательно-ударном способе бурения, сопровождается срезом горной породы, что отличает режим бурения, обеспечиваемый перфоратором, от существующих способов бурения пород.

Следует отметить, что величину угла поворота бурового инструмента можно изменять, ограничивая сектором забоя, который был раздроблен или ослаблен при ударе. Для пневматических перфораторов величина этого угла в зависимости от крепости буримой породы составляет 9 – 16 градусов. При этом количество ударов за один оборот бурового инструмента составляет 24 – 40 ударов.

По данным исследований [1, 2, 3] для гидравлических бурильных машин вращательно-ударного действия, этот показатель рекомендуется принимать при бурении пород крепостью 10 – 14 по шкале М.М. Протодяконова и диаметре шпуров 28 – 43 мм в пределах 16 – 17 ударов на один оборот. При этом угол поворота бурового инструмента равен 21 – 22,5 градуса. Для более крепких пород этот угол может быть уменьшен до 15 – 16 градусов.

Использование преимуществ ударно-поворотного режима (малый износ коронки благодаря малому углу поворота на количество ударов) и вращательно-ударного способа (срез породы благодаря большому крутящему моменту) составляет отличительную черту рассматриваемого перфоратора и характера протекания рабочего процесса.

Таким образом в зависимости от усилия подачи инструмента на забой данный перфоратор может обеспечивать как ударно-поворотное бурение, так и способ бурения, близкий к ударно-вращательному режиму бурения крепких пород.

Проведение более широких исследований процессов бурения шпуров предлагаемым перфоратором в горных породах представляет интерес для дальнейшего развития работ в данном направлении.

### **Литература**

1. Иванов К.И., Варич М.С., Дусев В.И., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1974. – 408 с.
2. Медведев И.Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. – М.: Недра, 1986. – 223 с.
3. Басов С.А. Основные показатели гидравлических вращательно-ударных механизмов бурильных машин. – Фрунзе, 1986. – 124 с.
4. Еремьянц В.Э., Ураимов М. Гидравлический перфоратор с совмещенным ударным механизмом и механизмом поворота инструмента. Горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб. – № 10.– 2021. – С.56 – 63.
5. Ураимов М., Квитко С.И. Гидравлический перфоратор. Патент КР № 2142. С1. кл. E21B 6/06. Приоритет 06.04.2018.
6. Ураимов М., Еремьянц В.Э., Квитко С.И. Механизм дискретного поворота инструмента гидравлического перфоратора // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Т. 5. – № 1. – 2018. – С. 284 – 289.
7. Ураимов М. Конструктивные особенности гидравлического перфоратора для бурения шпуров ударно-поворотным способом. // Машиноведение. Имаш НАН КР, 1(11). – 2020. – С. 98 – 106.

## **ЖЕР АСТЫНДАГЫ ЖУМУШТАРДЫ ӨТҮҮҮҮЧҮН БУРГУЛАП-ЖАРДЫРУУ ЖАНА ЖАРДЫРБАС ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫН МАЙНАПТУУЛУГУН САЛЫШТЫРМАЛУУ ТАЛДОО**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЗРЫВНОЙ И БЕЗВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОХОДКИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF DRILLING AND BLASTING AND EXPLOSION-FREE TECHNOLOGIES FOR DRIVING UNDERGROUND WORKINGS**

**Б. С. Султаналиев, Э. Н. Абсаматов**  
**B. S. Sultanaliyev, E. N. Absamatov**

*Макалада тешкен тоону уруп талкоолочу машиналар менен өтүүдө жардырбас технологияларды колдонуусунун экономикалык максатка ылайыктуулугу негизделет. Мында бургулап-жардыруу жана жардырбас өтүү технологияларынын чыгымдары салыштырма бааланган, ошондой эле колдонуучу жабдуулардын комплектин жана сарпталуучу материалдарды сатып алуу чыгымдары. Бургулап-жардыруу жана жардырбас технологиялар менен жер астындагы, катуу тектерди, проф. М.М. Протодьяконовдун 10-12 бекемдүүлүк коэффициентиндеги бирдиктеги, туюк казындыларды өтүүдөгү негизги операцияларынын нарк баасынын эсеби келтирилген. Жүргүзүлгөн салыштырма талдоо жардырбас техниканы жана технологияны колдонууда баа наркы, өтүү циклын кыскартуу, өтүү иштерин жогорлатуу боюнча далай потенциалдык мүмкүнчүлүктөрүн көрсөтөт.*

*Обосновывается экономическая целесообразность применения безвзрывной технологии проходки тоннелей отбойно-оборочными агрегатами. Для этого оценивалось соотношение затрат при буровзрывной и безвзрывной технологии проходки, а также затраты на приобретение используемого комплекта оборудования и расходных материалов. Представлен расчет себестоимости основных операций проходческого цикла при буровзрывной и безвзрывной технологии проходки подземных выработок сплошным забоем по крепким породам коэффициентом крепости 10-12 единиц по шкале проф. М.М. Протодьяконова. Проведенный сравнительный анализ указывает на*

значительные потенциальные возможности безвзрывной техники и технологии по себестоимости, сокращению продолжительности проходческого цикла, следовательно, увеличению темпов проходческих работ.

*This article describes the economic feasibility of the use of drilling-and-blasting and non-explosive tunnel boring technology with fender-flare units was estimated by the ratio of the cost of purchasing the used sets of equipment and consumables. A methodology has been developed for calculating the cost of the main operations of the tunneling cycle for drilling-and-blasting and non-explosive technologies for driving underground workings with a continuous face on hard rocks. Calculations were carried out for the main operations of drilling and blasting and non-blasting equipment and technologies for the development of hard rocks with a strength coefficient of 10-12 on the scale of prof. MM. Protodyakonov when driving underground workings with a continuous face. The conducted comparative analysis indicates the significant potential of non-explosive equipment and technology in terms of cost price, reduction in the duration of the tunneling cycle, and, consequently, an increase in the pace of tunneling operations.*

**Түйүн сөздөр:** тешикен тоо; баа наркы; бургулап-жардыруу технологиясы; жардырбас технологиясы; альтернативдик жабдуулар жана технология; бургулоо; уруп талкоолочу машина; гидробалка; чөмүч; жүктөөчү экскаватор; жебе; манипулятор.

**Ключевые слова:** тоннель; себестоимость; буровзрывная технология; альтернативная техника и технология; бурение; отбойно-оборочная машина; безвзрывная технология; гидромолот; ковши; экскаватор-погрузчик; стрела; манипулятор.

**Keywords:** tunnel; self-sufficiency; tunnel construction, alternative equipment and technology, jack-loading machine, non-explosive technology, hydraulic hammer, bucket, backhoe loader, boom, manipulator.

Одним из наиболее распространенных способов разрушения горных пород при открытой и подземной разработке полезных ископаемых и при проходке штолен и штреков до сих пор остается буровзрывной способ. Несмотря на отработанность и эффективность этого способа разрушения крепких пород, он имеет ряд недостатков, которые связаны с большими материальными, техногенными и экологическими издержками, что обуславливает поиск альтернативных вариантов проходки. Одним из таких вариантов является безвзрывная технология, когда отбойка породы от массива осуществляется путем нанесения по массиву ударных импульсов с

высокой энергией единичного удара. В качестве генераторов таких ударных импульсов используются гидравлические молоты.

Еще в середине 80-х годов такая технология была успешно апробирована под руководством д.т.н. Е.Б. Бексалова при строительстве туннелей Камбаратинской ГЭС № 2 [1]. Однако, в силу объективных причин новый способ не успел найти в республике достаточного распространения. Но, начиная с 90-х годов, в мире постепенно начинают проявлять все больший интерес и понимание к проходке забоев гидравлическими отбойными молотами. Ведущие мировые фирмы-производители такие как “Krupp” (Германия), “Montabert” (Франция), ИТС (Швейцария), “Rammer” (Финляндия) и ряд других, уже активно начали разрабатывать для проходческих работ гидравлические молоты на базе экскаваторов и комбайнов, ориентированных на эту технологию [2,3,4,10].

Безвзрывную технологию проходки выработок в массиве горных пород различной крепости с помощью отбойно-оборочных агрегатов стали применять на практике. Отбойно-оборочные агрегаты успешно использовались при проходке туннеля на новой сицилийской автостраде № 20, соединяющей г. Мессину и столицу Сицилии г. Палермо, а также при проходке линий метрополитена в Катанья [2]. На участке автодороги № 20 необходимо было пройти два параллельных туннеля стандартным сечением  $96 \text{ м}^2$  в проходке и протяженностью 1400 м каждый. Породы в забое туннелей представляли слоистый массив кварцевого песчаника и черно-серого сланца. Первоначально проект был разработан для проходки буровзрывным способом сплошным забоем. Так как туннель площадью сечением  $96 \text{ м}^2$  сооружался двумя встречными участками забоя, то строительная фирма проходку второго участка решила производить двумя отбойно-оборочными агрегатами, оснащенными гидромолотами фирмы «Крупп». Отбойно-оборочный агрегат использовался круглосуточно в три смены пять дней в неделю, обеспечивая проходку 3,5-4,0 м туннеля в сутки (рисунок 1). Производительность отбойно-оборочного агрегата составляла  $16 \text{ м}^3/\text{ч}$  или  $128 \text{ м}^3/\text{смену}$  [2].



Рисунок 1 – Отбойно-оборочный агрегат на проходке туннеля на Сицилийской автостраде

Экономическая целесообразность безвзрывной проходки туннеля отбойно-оборочными агрегатами оценивалась по соотношению затрат на приобретение используемых комплектов оборудования и расходуемых материалов. Стоимость двух буровых установок [5], каждая из которых имеет три манипулятора с бурильными машинами, составляла 531 тысячу долларов США, тогда как отбойно-оборочный агрегат с гидромолотом НМ 950 стоит только 187 тысяч долларов США [2]. Это значило, что можно купить два отбойно-оборочных агрегата, на каждый навесить гидромолот и это составило бы всего 70 % расходов на буровые установки по данным работы [8]. При буровзрывном способе проходки за цикл отделяется от забоя около  $400 \text{ м}^3$  горной породы. Удельный расход ВВ –  $2 \text{ кг/м}^3$ , цена взрывчатого вещества –  $3,25 \text{ \$/кг}$ . Следовательно, расходы только на взрывчатку для одной отбойки составит  $\$2600$ . Каждый из 80 шпуров требует детонатор, стоимость которого  $\$1,37$ , т.е. общая сумма затрат на детонаторы  $\$110$ . Доставка взрывчатого вещества к месту работы обходилась фирме примерно  $\$94$ . Поэтому

стоимость одного цикла взрыва или подвигание забоя за цикл на 3,0-4,0 м включала следующие расходы:

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| - расход взрывчатого вещества 80 кг  | – 2600 \$ |
| - расход детонатора (80 детонаторов) | – 110 \$  |
| - расход на доставку                 | – 94 \$   |
| Итого                                | – 2804 \$ |

Таким образом, удельные затраты только на взрывчатого вещества при взрывной отбойке составляют 7,3 \$/м<sup>3</sup>.

При использовании на безвзрывной проходке отбойно-оборочных машин строительная фирма не несет этих ежедневных расходов. Разрушение массива отбойно-оборочной машиной не требует затрат сопоставимых с высокой стоимостью взрывных работ.

Еще один пример применения такой технологии - это использование отбойно-погрузочной машины типа ГТС-120 фирмы «Schauff-Тегех», апробация которой произведена на шахте ДНК Донского ГОКа (Республика Казахстан) с участием сотрудников Института машиноведения и автоматики НАН КР ( рисунок 2) [11].

Проходка подготовительной выработки на шахте ДНК Донского ГОКа осуществляется по слабоустойчивым, порой трещиноватым породам с коэффициентом крепости 8 – 11 единиц по шкале М.М. Протоdjяконова.

Для рассматриваемой выработки сечением до 13 м<sup>2</sup> принята однопутная схема обработки, без разминочных ниш. Проходческие работы осуществляются буровзрывным способом. В забое сечением до 13 м<sup>2</sup> с помощью двух-трех телескопических перфораторов обуривается до 33 шпуров с глубиной до 1,1 м. Каждый буровой цикл в среднем занимает около 6 часов. При этом подвижка забоя за цикл составляет 1 м. Всего в течение суток при 3-х сменной работе осуществляется один цикл буровзрывных работ. При этом средние установившиеся темпы проходки составляют около 30 п.м. в месяц, что совершенно недостаточно для своевременного вскрытия подходов к новым перспективным рудным телам.



Рисунок 2 – Отбойно-погрузочная машина на проходке выработки на шахте Донского ГОКа

Безвзрывная технология уже на стадии своей апробации, согласно хронометражным данным, обеспечила средние темпы проходки почти в 2 раза превышающие темпы, достигнутые при буровзрывной технологии. При этих условиях можно было бы достичь устойчивой средней производительности машины 13 – 14 м<sup>3</sup> в смену, что обеспечило бы темпы проходок 90 п.м./месяц [11].

При реализации этой технологии и техники основная роль отводится экономической целесообразности с точки зрения стоимости разработки и производительности работ по дроблению породы на транспортабельные куски. Поэтому разработка новых и совершенствование существующих технологий проходки с использованием новых горнопроходческих машин остается важной задачей.

Эффект от возможного внедрения предлагаемого способа можно наглядно продемонстрировать, сравнив себестоимость и

темпы проходки традиционной буровзрывной и безвзрывной технологий. Для такого сравнительного анализа зададимся исходными данными и примем что:

- разрабатываемая порода будет соответствовать 9...10 группам прочности по СНиП [9], что соответствует 12...15 единицам по шкале проф. М.М. Протодьяконова;

- сечение забоя примем  $25 \text{ м}^2$ , как наиболее используемое при подземной разработке горнорудных предприятий, а также в гидротехническом туннелестроении;

- заходка для обоих способов одинаковая, равная 3,2 м, что соответствует буровзрывному способу, когда производится забуривание на 3,5 м с последующей отбойкой на 3,2 м;

- крепление забоя железобетонными анкерами глубиной 3 м в кровлю и борта выработки.

При расчете себестоимости проходческих работ цены на машины, полученные от потенциальных фирм-производителей, учтены через машино-часы в \$/час. Эксплуатационные затраты согласно техническим характеристикам агрегатов и сложившихся цен на рынке эксплуатационных материалов. Затраты труда, материалы, буровой инструмент были приняты в соответствии с ЕНиР-36, сборником элементных сметных норм № 29 (СНиП 4-5) и соответствующими рыночными ценами. Потребность в пиках для гидравлического молота принята, исходя из стойкости этого инструмента, регламентируемой фирмой-производителем "Krupp". Все затраты для удобства оценки и сравнения производятся в американских долларах.

Организация бесперебойной согласно технике безопасности, работы по проходке горных выработок обязательно предполагает производство операций, связанных с подводом в забой технической воды, сжатого воздуха, электроэнергии, вентиляции, обеспечением бесперебойного водоотлива. Согласно сложившейся практике и анализа затрат АО Кыргызгидроспецстрой за время работы на строительстве туннелей при возведении Нарынского каскада ГЭС, а также из анализа мирового опыта по материалам "World tunnelling" и

“Mining” за 2010-2012 годы, доля этих затрат лежит в пределах от 23 % до 33 % от себестоимости проходческих работ.

Рассмотрим два варианта проходки подземной выработки.

**Вариант 1. Расчет себестоимости для традиционного буровзрывного способа проходки** (рисунок 3), который включает операции бурение, взрывание, приведение забоя в безопасное состояние, откатка и установка железобетонных анкеров.

**1. Бурение** (таблица 1):

Согласно ЕНиР-36, эта операция состоит из таких технологических переходов как разметка забоя согласно паспорту буровзрывных работ, обустройство забоя, обслуживание буровой техники, продувка шпуров, отвод техники в безопасную зону. В качестве буровой машины рассмотрен гидравлический буровой агрегат финской фирмы “Tamrock”, смонтированный на шасси трактора ТТ-4 и получивший обозначение СМГ-207. Скорость бурения по породам 9...10 групп прочности для СМГ-207 составляет в среднем 1,5 м/мин [10].

Таблица 1 – Стоимость работ и оборудования при бурении

| Наименование элементов затрат        | Ед. изм. | Норматив [6] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|--------------------------------------|----------|--------------|-----------------------|---------------------|
| Затраты труда рабочих                | чел.-ч   | 9,72         | 3,00                  | 29,16               |
| Расходы на буровую установку СМГ-207 | маш.-ч   | 4,86         | 5,16                  | 25,08               |
| Расходы на: коронки                  | шт.      | 3,85         | 40,00                 | 154,00              |
| буровые штанги                       | шт./ш.м. | 0,0052       | 60,00                 | 72,07               |
| Итого                                |          |              |                       | 280,31              |

**2. Взрывание забоя** (таблица 2):

Эта операция включает следующие виды работ: подготовка взрывчатых зарядов и их доставка до забоя, установка зарядов в шпур и их закладка шпуровой забойкой (песчанно-глиняной смесью), монтаж проводов и детонационного шнура, взрывание забоя, проверка и обезвреживание неразорвавшихся зарядов.

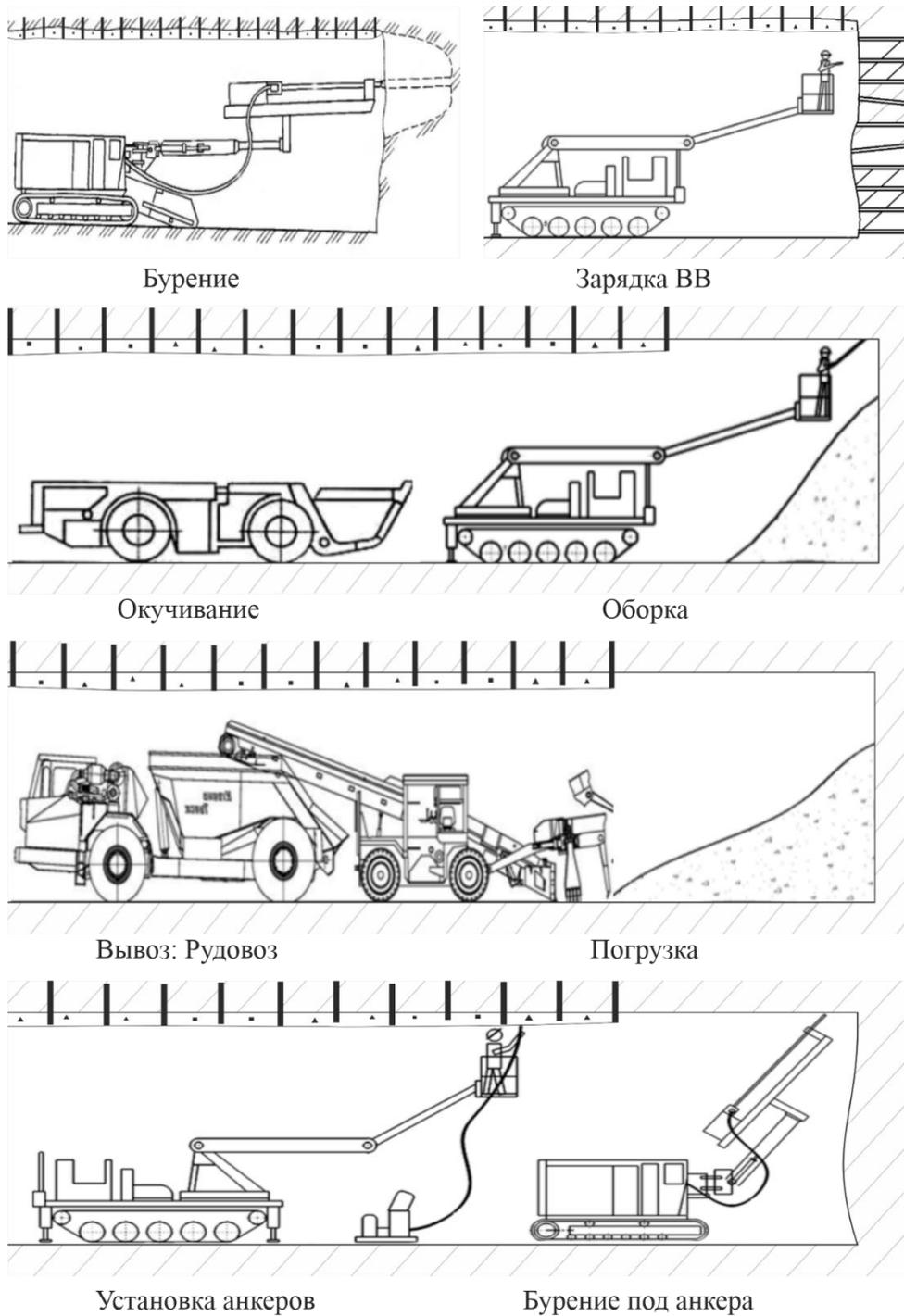


Рисунок 3 – Схема операций при буровзрывной технологии проходки

Таблица 2 – Стоимость работ и оборудования при взрывании забоя

| Наименование элементов затрат      | Ед. изм.       | Норматив [б] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------|---------------------|
| Затраты труда рабочих              | чел.-ч         | 6,67         | 2,00                  | 13,34               |
| взрывник 2 чел.                    | чел.-ч         | 5,00         | 3,00                  | 15,00               |
| помощник 2 чел.                    | чел.-ч         | 5,00         | 2,00                  | 10,00               |
| Расходы на гидроподъемник МШТС-2ТП | маш.-ч         | 3,00         | 3,16                  | 9,48                |
| Расходы на:<br>взрывчатое вещество | кг             | 143,50       | 2,00                  | 287,00              |
| электрический детонатор            | шт.            | 55,00        | 1,00                  | 55,00               |
| детонирующий шнур                  | м              | 100,00       | 1,00                  | 100,00              |
| рейка деревянная                   | м <sup>3</sup> | 0,01         | 46,00                 | 0,47                |
| провод                             | м              | 37,00        | 0,10                  | 3,70                |
| Итого                              |                |              |                       | 493,99              |

**3. Приведение забоя в безопасное состояние** (таблица 3):

В эту операцию включено затраты на: проветривание, орошение, окучивание и обorkу кровли призабойной выработки после взрыва.

Таблица 3 – Стоимость работ и оборудования на приведение забоя в безопасное состояние

| Наименование элементов затрат      | Ед. изм. | Норматив [б] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|------------------------------------|----------|--------------|-----------------------|---------------------|
| Затраты труда рабочих              | чел.-ч   | 0,74         | 3,00                  | 2,22                |
| Затраты на погрузчик ПД-6А         | маш.-ч   | 0,37         | 3,16                  | 1,17                |
| Затраты на гидроподъемник МШТС-2ТП | маш.-ч   | 0,37         | 3,16                  | 1,17                |
| Итого                              |          |              |                       | 4,56                |

**4. Откатка** (таблица 4):

В этом элементе цикла предусмотрена откатка с применением погрузочной машины непрерывного действия ПНБ-3Д, что повышает производительность погрузки породы особенно в стесненных условиях. Вывоз породы осуществляется подземными рудовозами МоАЗ-7529 грузоподъемностью 20 т. Плечо вывоза до отвала принято 3 км.

Таблица 4 – Стоимость работ и оборудования при откатке

| Наименование элементов затрат           | Ед. изм. | Норматив [б] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|---|----------|--------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Погрузка породы</i>                  |          |              |                       |                     |
| Затраты труда рабочих                   | чел.-ч   | 2,50         | 3,00                  | 7,50                |
| Затраты на погрузчик ПНБ-3Д             | маш.-ч   | 2,50         | 5,70                  | 14,25               |
| <i>Транспортировка породы (до 3 км)</i> |          |              |                       |                     |
| Затраты труда рабочих                   | чел.-ч   | 5,00         | 2,00                  | 10,00               |
| Затраты на рудовоз (2 автомобиля)       | маш.-ч   | 5,00         | 3,47                  | 17,35               |
| Итого                                   |          |              |                       | 49,10               |

### 5. Обустройство временной крепи (таблица 5).

Для бурения шпуров под анкера в выработках такого сечения требуется специальный анкероувальчик с укороченной балкой податчика бурового механизма. Однако для упрощения в этой таблице рассмотрен случай применения такой же буровой машины, что и для обуривания забоя. Такое применение техники нередко встречается на практике при производстве проходческих работ.

Таблица 5 – Стоимость работ и оборудования на обустройство временной крепи

| Наименование элементов затрат        | Ед. изм. | Норматив [б] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|--------------------------------------|----------|--------------|-----------------------|---------------------|
| Затраты труда рабочих                | чел.-ч   | 2,48         | 3                     | 7,44                |
| Затраты на буровую установку СМГ-207 | маш.-ч   | 1,24         | 5,16                  | 6,40                |
| Расходные материалы                  |          |              |                       |                     |
| коронки                              | шт.      | 1,98         | 40                    | 79,20               |
| штанги                               | шт.      | 0,62         | 60                    | 37,13               |
| Итого                                |          |              |                       | 130,17              |

### 6. Установка железобетонных анкеров (таблица 6)

Для принятого сечения выработки с высотой кровли около 5 м необходим специальный подъемник. Широкое применение на подземных работах получили гидравлические подъемники типа

МШТС-2ТП. Однако, следует отметить, что это довольно громоздкая машина и неудобна для применения в выработках средних сечений.

Таблица 6 – Стоимость работ и оборудования на установку железобетонных анкеров

| Наименование элементов затрат      | Ед. изм.       | Норматив [6] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------|---------------------|
| Затраты труда рабочих              | чел.-ч         | 8,92         | 2,33                  | 20,78               |
| Затраты на гидроподъемник МШТС-2ТП | маш.-ч         | 2,97         | 3,16                  | 9,39                |
| Затраты на нагнетатель БМ-86       | маш.-ч         | 2,97         | 1,00                  | 2,97                |
| Расходы на: анкера                 | кг             | 181,62       | 0,50                  | 90,81               |
| бетон                              | м <sup>3</sup> | 0,13         | 50,00                 | 6,50                |
| Итого                              |                |              |                       | 130,45              |

Все технологические операции, представленные в таблицах 1, 2, 3, 4, 5 и 6, изложены в последовательности цикла проходческих работ и характерны как для туннелестроительных работ так и для добычных.

Для экономической оценки затрат удобно оперировать удельными показателями на 1 куб.м или на 1 т породы. Такие данные наглядны при сравнении различных технологических способов и нашли широкое применение в мировой практике. В сводной таблице 7 показаны удельные затраты отдельно на каждую выше приведенную операцию с выделением удельных затрат на материалы и заработную плату, а также пооперационные затраты времени и применяемое оборудование.

По данным таблицы 7 можно построить циклограммы работ [7] на проходку, из которых видно, что время цикла составило  $T_{ц} = 14.76$  ч. Зная, что  $T_{ц} = 14.76$  ч, а глубина заходки 3.2 м, можно подсчитать месячную скорость проходки  $V = 3.2 \text{ м} \times \text{количество раб. часов в сутки} \times \text{количество раб. дней в месяц} / 14.76 \text{ ч.}$ , которая может достигнуть  $V = 156 \text{ м/мес.}$

Таблица 7 – Сводные данные по удельным и временным затратам при буровзрывной технологии

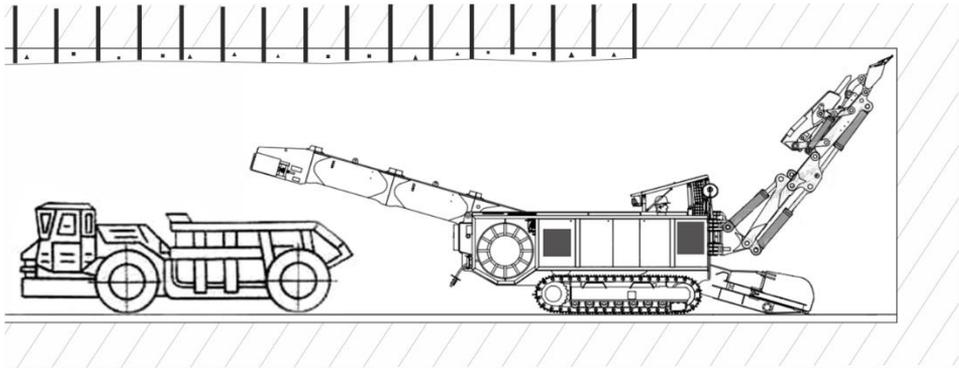
| Виды работ и операций                   | Т цикла, час | Затраты, \$/м <sup>3</sup> | Затраты, \$/т | Материалы, \$/м <sup>3</sup> | Оборудование   |
|---|--------------|----------------------------|---------------|------------------------------|--|
| Бурение                                 | 4,86         | 7,55                       | 2,65          | 5,36                         | Буровой агрегат СМГ 207                                      |
| Взрывание забоя                         | 2,45         | 11,87                      | 4,17          | 10,57                        | Гидроподъемник МШТС-2ТП                                      |
| Приведение забоя в безопасное состояние | 0,74         | 0,13                       | 0,05          | 0                            | Гидроподъемник МШТС-2ТП, погрузочно-доставочная машина ПД-6А |
| Откатка породы                          | 2,50         | 1,81                       | 0,64          | 0                            | Погрузмашина ПНБ-3Д, Рудовоз 20 т, МОА3-6401                 |
| Бурение под анкера                      | 1,24         | 3,32                       | 1,16          | 2,76                         | Буровой агрегат СМГ 207                                      |
| Установка ж/б анкеров                   | 2,97         | 3,34                       | 1,17          | 2,31                         | Гидроподъемник МШТС-2ТП, Бетононасос БМ-86                   |
| ИТОГО на цикл                           | 14,76        | 28,02                      | 9,83          | 21                           |  |

**Вариант 2. Расчет себестоимости для безвзрывного способа проходки** с применением гидравлического молота для разрушения забоя (рисунок 4).

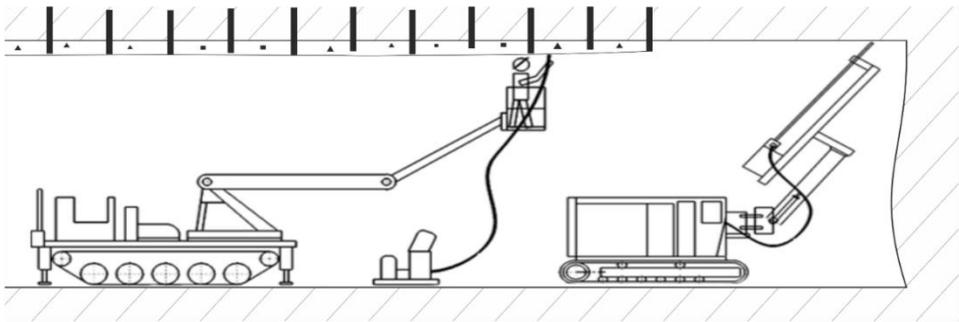
**1. Разработка породы и откатка** (таблица 8).

При выполнении этой операции в качестве технологической машины был рассмотрен отбойно-погрузочный агрегат фирмы ИТС (Швейцария), как наиболее характерный пример машины подобного вида. Этот агрегат является универсальной машиной, так как способен совмещать в своей работе сразу три операции: отбойку, погрузку и оборку забоя [4]. Главным рабочим органом этой машины является гидравлический молот фирмы «Крупп» (Германия) [4] специально предназначенный для работы по породам с твердостью до 10...12 единиц по шкале проф. М.М. Протогьяконова. Для вывоза породы рассмотрены рудовозы тина МоА3-7529 [7]. В этом варианте проходческого цикла отсутствует операция по приведению забоя в

безопасное состояние так как нет необходимости в специальной оборке кровли в виду отсутствия проведения взрывных работ.



Отбойка, выемка и погрузка



Установка анкеров

Бурение под анкера

Рисунок 4 – Безвзрывная технология проходки

Таблица 8 – Разработка породы и откатка

| Наименование элементов затрат | Ед. изм. | Норматив [6] | Стоимость единицы, \$ | Общая стоимость, \$ |
|-------------------------------|----------|--------------|-----------------------|---------------------|
| Затраты труда рабочих         | чел.-ч   | 5,50         | 3,00                  | 16,50               |
| Затраты на агрегат ИТС-320    | маш.-ч   | 5,50         | 14,87                 | 81,79               |
| Расходы на инструмент         | шт.      | 0,02         | 1390,00               | 29,19               |
| Затраты труда (рудовоз)       | чел.-ч   | 5,00         | 2,00                  | 10,00               |
| Затраты на рудовоз г/п 20 т   | маш.-ч   | 5,00         | 3,47                  | 17,35               |
| Итого                         |          |              |                       | 154,83              |

## 2. Обустройство временной крепи (таблица 5).

### 2.1 Бурение под анкера

### 2.2 Установка железобетонных анкеров (таблица 6)

Удельные значения финансовых затрат и времени для варианта 2 сведены в таблицу 9.

Общее время цикла составило  $T_{ц} = 9.71$  ч., а скорость месячной проходки может достигнуть  $V = 235$  м/месяц с учетом того, что отбойно-погрузочный агрегат как бы циклично совершает заходку на 3.2 м, равную глубине заходки для буровзрывного варианта.

Таблица 9 – Сводные данные по удельным и временным затратам для безвзрывного способа проходки

| Виды работ и операций   | Твр. 1-го цикла, час | Затраты на 1 м <sup>3</sup> , \$/м <sup>3</sup> | Затраты на 1 т, \$/т | Материалы, \$/ м <sup>3</sup> | Оборудование  |
|-------------------------|----------------------|---|----------------------|-------------------------------|---|
| Разработка и откатка    | 5,50                 | 8,43  | 2,96                 | 0,69                          | Отбойно-погрузочный агрегат типа ИТС-320, Рудовоз МОАЗ-6401 |
| Бурение под анкерование | 1,24                 | 3,32  | 1,16                 | 2,76                          | Буровой агрегат СМГ 207                                     |
| Установка ж/б анкеров   | 2,97                 | 3,34  | 1,17                 | 2,31                          | Гидроподъемник МШТС-2ТП, бетононасос БМ-6                   |
| Итого на 1 цикл         | 9,71                 | 15,09   | 5,29                 | 5,76                          |   |

Таким образом, при сравнении рассмотренных вариантов можно сделать следующие выводы:

-затраты времени на разработку и откатку породы за один цикл отбойно-погрузочным агрегатом составил 5,50 ч., что в 1,91 раз меньше чем соответствующие затраты на разработку и откатку буровзрывным способом.

-удельные затраты на 1м<sup>3</sup> отбитой породы безвзрывной технологии разработки составил 8,43 м<sup>3</sup>, что в 2,53 раз меньше затрат, чем при буровзрывном способе.

При этом следует отметить, что при безвзрывной разработке значительно уменьшается выброс пыли и отсутствуют продукты

горения взрывчатого вещества, что благоприятно сказывается на условия труда горнопроходчиков. Кроме этого, при такой технологии отсутствует негативное воздействие на устойчивость забоя, которое возможно при взрыве.

Приведенные расчеты, хотя и являются укрупненными, но, на наш взгляд, позволяют представить соотношение возможностей двух способов отбойки породы и являются еще одним подтверждением целесообразности внедрения безвзрывной технологии с применением гидравлических отбойных молотов для проходки подземных горизонтальных и наклонных выработок.

### **Литература:**

1. Бексалов Е.Б. Мобильные гидрофицированные буровые и отбойно-оборочные агрегаты для проходки гидротехнических туннелей. Обоснование и создание конструкций, промышленная апробация и внедрение.: Автореф. дисс. доктора технических наук.-Фрунзе.1989-52с.
2. Макаров А.Б., Романов А.Н. Безвзрывная проходка горных выработок гидромолотами КРИП // Подземное пространство мира. 1996. № 12. – С. 51-53.
3. [https://articles/gidromolot/11828\\_obzor\\_produktovoy\\_lineyki\\_montabert\\_opisanie\\_i\\_harakteristiki](https://articles/gidromolot/11828_obzor_produktovoy_lineyki_montabert_opisanie_i_harakteristiki). Дата обращения 20.03.2021г.
4. <https://itcsa.com/index.php/fr/gamme-de-machines/itc-320-grande-machine>. Дата обращения 15.03.2021г.
5. <https://www.rocktechnology.sandvik/en/campaigns/sandvik-battery-powered-drill-rigs-make-the-change/>. Дата обращения 18.03.2021г.
6. <https://www.smetdlysmet.ru/gesn/%D0%93%D0%AD%D0%A1%D0%9D-29.pdf>. Дата обращения 20.02.2021г
7. Султаналиев Б.С., Абсаматов Э.Н. Анализ циклограмм проходки подземных выработок по крепким трещиноватым породам при буровзрывной и безвзрывной техникой и технологией// Сб. науч. тр. ИМАШ. вып.2.Бишкек: Илим, 2020.С 106-114

8. Исследование эффективности применения и перспективы развития горнопроходческого оборудования в подземном строительстве. – М.: ТИМР, 1990. – 244 с.
9. СНиП 3.02.03-84 «Подземные горные выработки»
10. Бексалов Е.Б., Алымбаев Р.Т., Абсаматов Э.Н. Буровая установка СМГ-207М с гидроимпульсным механизмом “Импульс-9М”. Тез.докл. Всесоюз. научно - практического совещания «Теоретические и технологические аспекты создания и применения силовых импульсных систем»- Караганда 1990 год.
11. Бексалов Е.Б., Абсаматов Э.Н., Бексалов И.Е., Гарипов Ф.Р., Безвзрывная технология проходки по крепким породам и её технико-экономические показатели. Том III Машиноведение. Труды конференции с участием иностранных ученых. «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды» Сибирское отделение Российской академии наук Институт горного дела. г.Новосибирск, 2010.-С.30-35.

УДК 622.23.05

## **СОККУ ЫКМАСЫ МЕНЕН ТОО ТУЛКУСУНАН ТАШТЫН ИРИ БӨЛҮГҮН БӨЛҮП АЛУУЧУ УРГУ- ШЫНАА ШАЙМАНЫНЫН ӨБӨЛГӨЛӨРҮН ИШТЕП ЧЫГАРУУ**

### **ПРЕДПОСЫЛКИ К РАЗРАБОТКЕ УДАРНО-КЛИНО- ВОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ БЛОКА КАМНЯ ОТ МАССИВА УДАРНЫМ СПОСОБОМ**

### **PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHOCK-WEDGE DEVICE FOR SEPARATING A BLOCK OF STONE FROM AN ARRAY BY AN IMPACT METHOD**

*К. Т. Эликбаев, Н. Н. Кынатбекова*  
*K. T. Elikbaev, N. N. Kynatbekova*

*Бул макалада табигый ири ташты тоо тулкусунан бөлүп алууда аны бөлүү учурундагы жүктөөнүн ар кандай жолдору каралат. Бул жерде жөнөкөй бөлүү ыкмасынан баштап, кол шынаалардан механикалаштырылган ыкмага чейин, татаал шаймандар колдонулат. Ошондой эле аткаруучу мүчөлөрдү статикалык жана динамикалык жүктөө ыкмалары (шынаалар, керүүчү жаак) каралат. Куралдардын жана шаймандардын түзүлүштөрү ар кандай бөлүү ыкмаларында каралды. Бул жолдордун артыкчылыктары жана кемчиликтери аныкталды. Жогорудагы талдоонун негизинде катуу материалды кайра иштетүү жана тоо тулкусунан ири ташты бөлүү үчүн ургу-шынаа шайманынын варианты негизделип жана тандалып алынган. Иштеткичи динамикалык байланыштуу түзүмү өзгөрүлмө ургу механизмин жана аткаруу мүчөсү гидравликалык шынааны айкалыштырган, ургу-шынаа шайманынын принципиалдуу сөлөкөтү иштелип чыкты.*

*В данной статье рассматриваются различные способы нагружения при добыче блока природного камня во время его отделения от массива расколом. Здесь описаны варианты от простейшего способа раскола, где применяются ручные клинья, до механизированного способа, при котором используются более сложные устройства. Рассмотрены конструкции инструментов и устройств при различных способах откола. Выявлены достоинства и недостатки этих способов. На основании анализа вышесказанного обоснован и выбран вариант ударно-клинового устройства для от-*

деления блока камня от массива расколом и обработки твердого материала. Разработана принципиальная схема ударно-клинового устройства, совмещающая привод ударного механизма переменной структуры с динамической связью и исполнительный орган гидравлического клина.

*This article discusses various ways of loading during the extraction of a block of natural stone during its separation from the array by splitting. Here we consider options from the simplest method of splitting, where manual wedges are used to a mechanized method, in which more complex devices are used. The designs of tools and devices with various methods of splitting are considered. The advantages and disadvantages of these methods are revealed. Based on the analysis of the above, the variant of the impact wedge device for separating the block of stone from the array by splitting and processing solid material is justified and selected. A schematic diagram of a shock-wedge device has been developed, combining a drive of a variable structure impact mechanism with dynamic coupling and an executive body of a hydraulic wedge.*

**Түйүн сөздөр:** *ури таш; ургу механизм; түзүлүш; шынаа; көзөнөк; динамикалык жүктөө; төгүлмө материал; өзөк; керүүчү жаак; ургу.*

**Ключевые слова:** *блок камня; ударный механизм; устройство; клин; штур; динамическое нагружение; сыпучий материал; стержень; раздвижная щека; боек.*

**Keywords:** *stone block; impact mechanism; device; wedge; hole; dynamic loading; bulk material; rod; sliding cheek; firing pin.*

Природный камень привлекает внимание человечества благодаря высокой крепости и долговечности, стойкости к влажности, износостойкости, экологичности и исключительной декоративности. Имея такие прекрасные качества, он во все времена признавался весьма ценным строительным и облицовочным материалом, применяющимся в архитектуре, строительстве, дизайне зданий, площадей и т.д.

Кыргызская Республика обладает большими месторождениями разнообразных природных камней. Но добыча их ведется медленными темпами. Одной из причин этого является отсутствие высокопроизводительной и доступной техники на карьерах. Основным сырьем для изготовления изделий из камня являются блоки камня. Основными условиями эффективности добычи блочного камня являются сохранение его монолитности, обеспечение правильной парал-

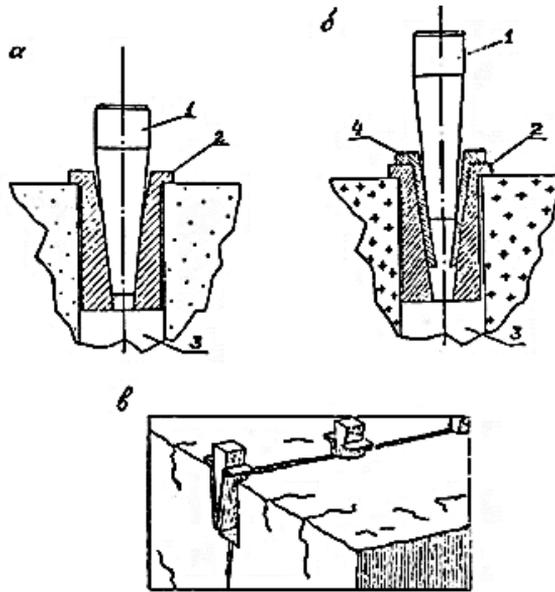
лелепипедной формы выкалываемых блоков с минимальными неровностями на гранях, а также предохранение разрабатываемого массива от образования в нем трещин, так как нарушение монолитности камня при добыче резко снижает его качество. По этой причине в карьерах по добыче блочного камня экономически целесообразно применять те способы отделения камня от массива, которые обеспечивают наивысший выход качественной продукции.

В карьерах используются разные способы отделения блока камня от массива: буровой, ударно-врубовой, клиновой, буроклиновой, добыча блоков канатными пилами и т.д. Чаще других используется буроклиновой способ, при котором отделяемый объем камня обустраивается по контуру перфораторами и в полученные отверстия (шпуры) вводятся гидравлические или механические клинья [1].

В данной статье рассматривается отделение блока камня от массива буроклиновым способом, при котором совмещено ударноклиновое раскалывание камня, т.е. в качестве привода используется ударный механизм, а в качестве инструмента – клиновое устройство.

С древних времен до появления механизированных инструментов добыча природного камня осуществлялась вручную с применением различного рода клиньев. Наиболее распространенным является откол камня с размещением клиньев в подготовленных шпурах, так как это позволяет использовать клинья с вспомогательными щечками, обеспечивающими хорошую направленность линии раскола (рисунки 1) [2].

Иногда практикуют размещение клиньев в специальных гнездах. При этом сначала кувалдой со съемным наконечником в виде шпунта (можно скарпели) насекают по линии намечаемого откола борозду глубиной 10 – 15 мм, после чего в ней через 150 – 200 мм с помощью скарпеля или пазовика делают конические гнезда глубиной 40 – 60 мм. Ударом кувалдой в гнездо забивают простые клинья длиной до 100 мм. Хрупкие породы можно раскалывать и без проходки борозды.



1 – клин; 2 – щечки; 3 – шпур; 4 – вспомогательные щечки.

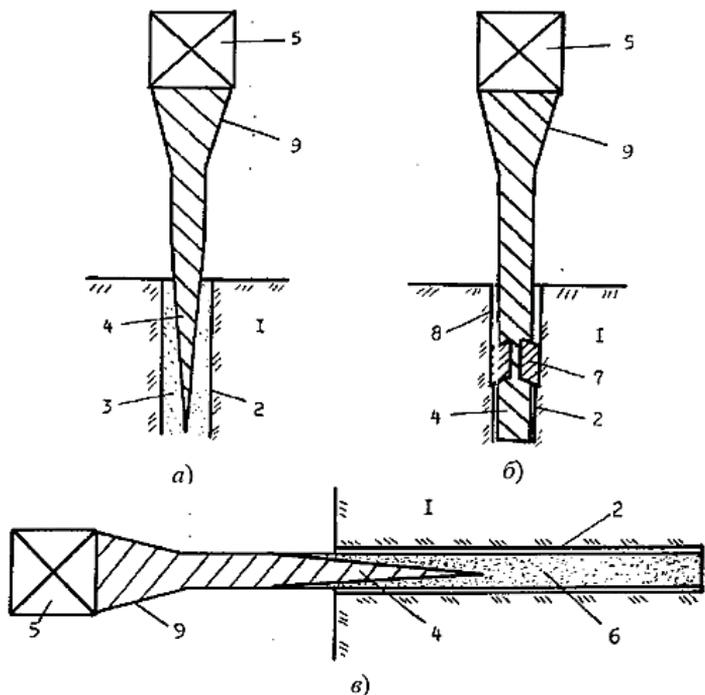
Рисунок 1 – Конструкции ручных клиньев: а – простые клинья; б – клинья со вспомогательными щечками; в – сложный клин

Применение этого способа характеризуется большой трудоемкостью, затратой физических сил рабочих и малой производительностью.

Несмотря на высокую трудоемкость этого способа с использованием ручных клиньев, он для ряда отечественных и других карьеров, особенно малых по производительности, является до настоящего времени основным, так как не требует дорогостоящих машин и механизмов и обеспечивает требуемое качество блоков [2].

Один из возможных вариантов реализации принципа отделения блоков горных пород ударными нагрузками является разрушение горной породы путём заполнения шпура сыпучим материалом, в который внедряют клин (рисунок 2) [3].

Горизонтальные или восстающие шпуры заполняют сыпучим материалом (песок) (рисунок 2 а) или вставляют заранее подготовленные стержни из сыпучего материала, сцементированные



1 – горная порода; 2 – шпур; 3 – сыпучий материал; 4 – клин; 5 – ударный механизм; 6 – стержень; 7 – твёрдосплавные вставки; 8 – бороздки; 9 – конус.

Рисунок 2 – Схема разрушения горной породы ударными нагрузками через сыпучий материал в шпуре

алебастром или другими связующими материалами (рисунок 2 в). Затем в них вставляются клинья, к которым прикладывают последовательно ударную нагрузку. В результате чего сыпучий материал оказывает расклинивающее действие на стенки шпура, что приводит к разрушению камня. Для повышения эффективности разрушения применяется дополнительный инструмент в виде клина, снабженный твердосплавными вставками, создающими бороздки (концентраторы напряжений) внутри шпура, способствующие образованию трещины в теле разрушаемого материала по намеченной линии раскола при меньших сообщаемых нагрузках (рисунок 2 б).

Достоинством данного принципа разрушения горной породы внедрением клина в шпур является: доступность сыпучего материала; простота обслуживания; дешевизна используемого инструмента.

Также одним из достоинств этого способа является возможность использования в качестве источника ударных нагрузок как простого ручного инструмента (молоток, кувалда), так и механизированного ударного механизма. Недостатком данного принципа является возможность образования микротрещин произвольной ориентации, ведущей к снижению качества монолитности породы при получении изделий из камня.

Еще одним способом отделения блока камня от массива является ударно-клиновой способ, при котором отделяемый блок оконтуривают неглубокими шпурами по намеченной линии отделения [4]. В устье каждого шпура размещают клин. Затем одним из вышеуказанных инструментов наносят удары одновременно по всем клиньям или поочередно. После выдержки  $0,4 \div 2,0$  ч цикл ударного нагружения клиньев повторяют с внедрением клиньев глубже при большей нагрузке. При таком порядке нагружения разрушение пород осуществляется за счет доведения материала до критического состояния, т.е. путем исчерпания их длительной прочности (долговечности) [4].

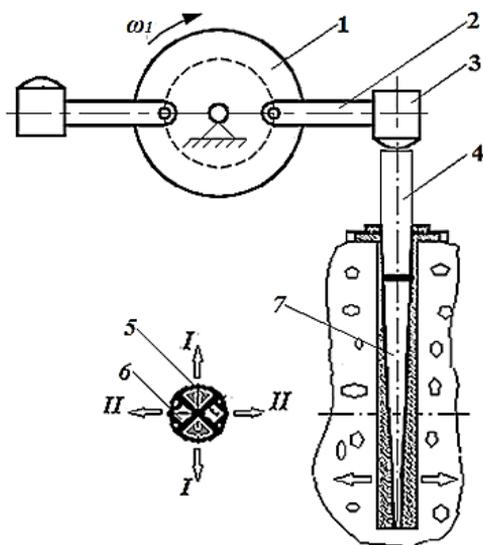
Из патентного и литературного поиска не было выявлено каких-либо конструктивных схем устройств ударного нагружения раскалывающих клиновых устройств, кроме предлагаемого способа ударного нагружения клиньев, изложенного в работе [4].

### **Обоснование выбранного варианта ударно-клинового устройства для обработки твердого материала**

В предыдущие годы сотрудниками лаборатории камнедобывающих комплексов Института машиноведения и автоматики НАН КР были проведены научно-исследовательские работы по изучению и созданию ударного механизма переменной структуры с динамической связью, с энергией удара до 50 Дж и частотой вращения ротора 750 об/мин., имеющей две ударные массы [5]. А также были проведены исследования по изучению и созданию гидроклинового устройства для отделения блока камня от массива буроклиновым способом при статическом нагружении [6].

На основании опыта работы предыдущих лет возникла идея создания ударно-клинового устройства с использованием в качестве

привода ударный механизм переменной структуры (МПС) с динамической связью, а исполнительного органа – вставную часть гидравлического клина, принципиальная схема которого представлена на рисунке 3. Данное устройство состоит из кривошипа, выполненного в виде ротора 1, шатуна 2, ударной массы 3, волновода 4, основных раздвижных щек 5, дополнительных раздвижных щек 6 и клина 7.



1 – ротор; 2 – шатун; 3 – ударная масса; 4 – волновод; 5 – основные раздвижные щеки; 6 – дополнительные раздвижные щеки; 7 – клин

Рисунок 3 – Ударно-клиновое устройство

Смысл идеи заключается в обеспечении направленного раскола камня при применении ударного нагружения раскалывающего клина.

Принцип работы ударно-клинового устройства заключается в следующем. Закладная (клиновья) часть устройства вставляется в заранее пробуренные шпурь, причем ориентированно так, чтобы движение основных щек было направлено перпендикулярно линии раскола (I-I), а дополнительные щеки соответственно по намечен-

ной линии раскола (II-II). Ротор 1 приводится в движение либо электродвигателем, либо гидромотором. При вращении ротора 1 (представляющий собой маховик) свободный конец шатуна 2, на котором сосредоточена ударная масса, под действием сил инерции стремится к периферии окружности вращения (т.е. выстраивается в одну линию с кривошипом) и ударной массой 3 наносит удар по волноводу 4. В свою очередь волновод 4 приводит в поступательное движение клина 7. Клин 7, перемещаясь вдоль оси, одновременно приводит в поперечное (радиальное) движение основные и дополнительные щеки 5 и

б, последние имеют призматическую форму рабочей поверхности. После выборки зазора между поверхностями щек и шпура возникает напряжение сжатия на соприкасаемых поверхностях материала, причем дополнительные щеки б, внедряясь в тело материала, создают концентрацию напряжений сжатия на всю глубину шпура по линии намечаемого раскола.

### **Выводы**

Из вышерассмотренных материалов можно сказать, что традиционно для раскола камня динамическим нагружением использовались ручные клинья, а с развитием горной техники для выполнения таких задач нашли применение гидравлические клинья, основанные на статическом нагружении раскалывающего клина. В данной работе предпринята попытка разработки принципиальной схемы, в которой в качестве привода инструмента использован ударный механизм переменной структуры с динамической связью, а в качестве рабочего органа использован гидравлический клин.

### **Литература**

1. Вырезка блоков. Буроклиновой способ. <http://www.bibliotekar.ru/5-0-stroymaterialy/72.htm>. Дата обращения 01.04.2021.
2. Карасаев Ю.Г., Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня./ Учеб. пособие // Ю.Г. Карасаев, Н. Т. Бакка – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт, 1997. – 428 с.
3. Разрушение горных пород ударной нагрузкой через сыпучий материал. <https://cyberleninka.ru/article/n/razrushenie-gornyh-porod-udarnoy-nagruzkoj-cherez-sypuchiy-material-v-shpure/viewer>. Дата обращения 23.05.2021.
4. Способ отбойки блоков природного камня: а. с. 1270325 СССР, кл. Е 21 С 37/02/ А. Векслер, А. М. Манучаров, А. М. Абрамян, М. Н. Глеугалиев; Карагандинский политехнический институт и Степанакертский комбинат строительных

- материалов. - № 1004635; заяв. 06.11.1984; опубл. 15.11.1986 // Открытия. Изобрет. – 1986. – № 42. – С. 2.
5. Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н. Ударный механизм переменной структуры с динамической связью // Машиноведение № 2 (4). –2016. –Имаш НАН КР. – С.3 – 16.
6. Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Райымбабаев Т.О. Обзор конструкций гидравлических клиновых устройств для отделения блока камня от массива // Машиноведение № 1(13). – 2021. Имаш НАН КР. – С. 52 – 64.

УДК 622:621.313

## **ЖЫШТЫКТЫ ЖӨНДӨМДӨӨЧҮ КЫЙМЫЛ КЕЛТИРГИЧТЕРИ БАР БУРГУЛОО МАШИНАНЫ БАШКАРУУ СИСТЕМАЛАРЫН ИШТЕП ЧЫГАРУУ**

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БУРИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПРИВОДАМИ**

### **DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEMS FOR DRILLING MACHINES WITH VARIABLE FREQUENCY DRIVES**

*А. В. Анохин, В. Б. Васильев*

*A. V. Anohin, V. B. Vasiliev*

*Бул иш электрлештирилген бургулоочу машиналардын жылдырып берүү механизмдерин жана бургу аспабынын айлануусун башкаруу системаларын иштеп чыгууга арналган. Айрыкча, жыштыктуу өзгөрткүчтөрү бар эки электр сөлөкөтү берилген - ар кандай кубаттуулуктагы беймашык электр машиналарын башкаруу үчүн бир жана үч фазалуу системалар. Бургулоо тестерин башкаруучу белгилүү түрдөгү сөлөкөтөрүнө салыштырмалуу алардын түзүлүшүнүн жана иштөө принцибинин сүрөттөлүшү келтирилген. Такталган мисалдардын негизинде ар түрдүү бургулоо жабдуулар үчүн башкаруу сөлөкөттөрүнүн үнөмдүү колдонуу боюнча сунуштар берилген. Жыштык менен башкарылуучу электр кыймылдаткычы бар бургулоо тестеринин иштөө шарттамдарын автоматтык башкаруунун иштөө принцибинин кыскача сүрөттөлүшү келтирилген. Иште ошондой эле белгиленген жүктөмдөрдөн ашкан учурда электр чынжырларында каралган коргоо каражаттары баяндалат. Башкаруу пультунун жалпы көрүнүшү жана анын электрдик сөлөкөтү бар фотографиялар келтирилген.*

*Данная работа посвящена разработке систем управления механизмами подачи и вращения бурового инструмента для электроприводных буровых машин. В частности, представлены две электрические схемы с частотными преобразователями – однофазная и трёхфазная для управления асинхронными электрическими машинами разной мощности. Приведено описание их устройства и принципа действия в сравнении с известными типовыми схемами управления буровыми станками. На конкретных примерах приведены рекомендации по рациональному применению схем управления для различного типа бурового*

оборудования. Кратко приводится описание принципа работы автоматического управления режимами работы бурильной машины с частотно-регулируемым электроприводом. В работе также описываются средства защиты, предусмотренные в электрических схемах, в случае превышения заданных нагрузок. Приведены фотографии с общим видом пульта управления и его электрическая схема.

*This work is devoted to the development of control systems for feeding and rotation mechanisms of drilling tools for electric drilling machines. In particular, two electrical circuits with frequency converters are presented – one-phase and three-phase for controlling asynchronous electric machines of different power. The description of their device and the principle of operation is given, in comparison with the known standard control schemes of drilling machines. Specific examples provide recommendations for the rational use of control schemes for various types of drilling equipment. A brief description of the principle of operation of automatic control of the operating modes of the drilling machine, with a frequency-controlled electric drive. The paper also describes the means of protection provided in electrical circuits in case of exceeding the specified loads. Photos with a general view of the control panel and its electrical diagram are given.*

**Түйүн сөздөр:** бургулоочу машина, жылдырып берүү механизми, жыштык өзгөрткүч, айлануу ылдамдыгы, электр кыймылдаткыч, башкаруу.

**Ключевые слова:** буровая машина, механизм подачи, преобразователь частоты тока, скорость вращения, электродвигатель, управление.

**Keywords:** drilling machine, feed mechanism, frequency converter, rotation speed, electric motor, control.

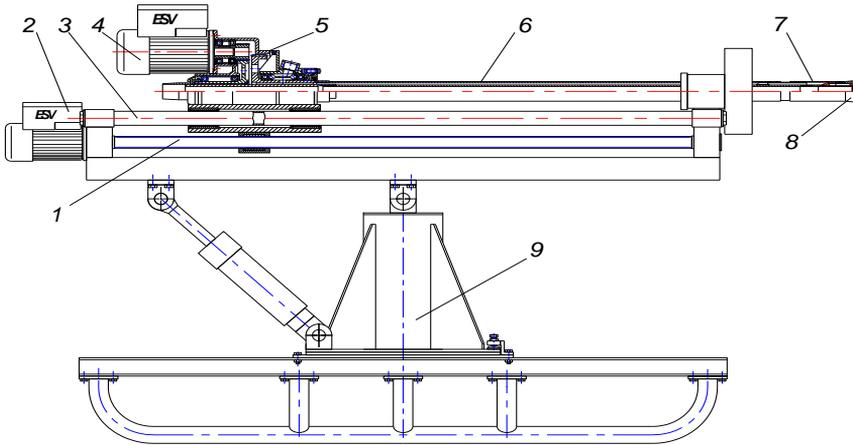
Электрификация процессов горного производства в значительной степени повышает их экономичность и улучшает санитарно-гигиенические условия труда рабочих. В связи с тем, что процесс бурения относится к наиболее дорогостоящим, трудоёмким и распространённым в горной промышленности, можно утверждать, что его электрификация является актуальной научной задачей.

Главной задачей в проведении работ по электрификации буровых машин является разработка электрических схем управления последними, чему посвящено достаточно большое количество научных работ.

Для управления электрическими исполнительными механизмами существуют два вида электрических систем – релейно-цифровая и аналоговая. Аналоговая электрическая система управления присутствует в любой буровой установке, в которой используется электрооборудование. Цифровая или микропроцессорная электрическая система управления успешно реализуется на буровых установках с индивидуальным электрическим приводом на электродвигателях постоянного тока и буровых установках с частотно-регулируемым электрическим приводом переменного тока. Такую систему управления имеют современные электрифицированные буровые установки. К элементам цепей электрической системы управления относятся: электрические провода и кабели, резисторы, катушки индуктивности, электрические конденсаторы, электронные преобразователи и пр. Исполнительными механизмами электрической системы управления являются различные реле и магнитные пускатели, тиристорные и транзисторные ключи, электропневматические вентили, силовые электромагниты, сельсин-приемники и множество других средств. В состав электрической системы управления относятся также подсистемы электрического питания, которые выполняются в виде отдельных блоков [1].

Для управления электрифицированными буровыми станками, разрабатываемыми в Институте машиноведения и автоматики НАН КР, спроектированы две релейно-цифровые электрические схемы с функцией автоматического изменения режимов работ исполнительных органов. Отличие этих схем заключается в количестве фаз питаемого тока преобразователя частоты – схемы для однофазной и трёхфазной сети.

Схема для трёхфазной сети применяется на буровых машинах, где устанавливается исполнительный механизм мощностью свыше 1,5 кВт, например, на станке горизонтального бурения КБ-76Э (рисунок 1). Ввиду того, что электрическая схема смонтирована в одном блоке с органами управления, то этот блок можно назвать пультом управления.



- 1 – винт подачи, 2 – регулируемый электропривод подающего механизма, 3 – рама из трубных направляющих, 4 – регулируемый электропривод бурового механизма, 5 – буровый механизм, 6 – двойная буровая колонна, 7 – головной снаряд, 8 – буровая коронка, 9 – установочное приспособление

Рисунок 1 – Буровая машина с регулируемым электроприводом

Трёхфазная схема управления электроприводом состоит из преобразователя частоты тока *ПЧ*, предохранительного автомата *QF*, блока питания *БП*, сигнальной лампочки *ИЛ*, электромагнитных реле *K1, K2, K3, K4*, потенциометров *R1, R2, R3*, кнопок «ПУСК» *SB1, SB2, SB3, SB4*, кнопки «STOP» *SB5*, концевых выключателей *SB6, SB7*, клеммной колодки *X* (рисунок 2).

Работа в представленной схеме осуществляется по четырём уровням напряжения: однофазное 220 В переменного тока, 24 В постоянного тока, трёхфазное в 380 В переменного тока и 10 В постоянного тока. Питание постоянным током напряжением в 24 В подаётся на органы управления, чем обеспечиваются требования техники безопасности. Однофазный ток напряжением в 220 В осуществляет питание всех элементов в схеме за исключением электромагнитных реле *K1, K2, K3, K4*, органов управления и

преобразователя частоты тока. Трёхфазный ток напряжением в 380 В осуществляет питание преобразователя частоты тока, а также асинхронного электродвигателя 2 (рисунок 1), обеспечивающего подачу бурильного механизма 5. Постоянный ток напряжением в 10 В обеспечивает управление преобразователем частоты тока.

Электромагнитные реле *K1* и *K2* (рисунок 2) подключены с функцией поддержания питания пусковой катушки реле после отпущения пусковой кнопки. Указанные реле предназначены для перемещения бурильного механизма вперёд или назад и обеспечивают рабочие режимы бурения. Отключение рабочего режима происходит автоматически по завершении заданной глубины бурения, посредством концевых выключателей *SB6* и *SB7* или принудительно используя кнопку «STOP» - *SB5*.

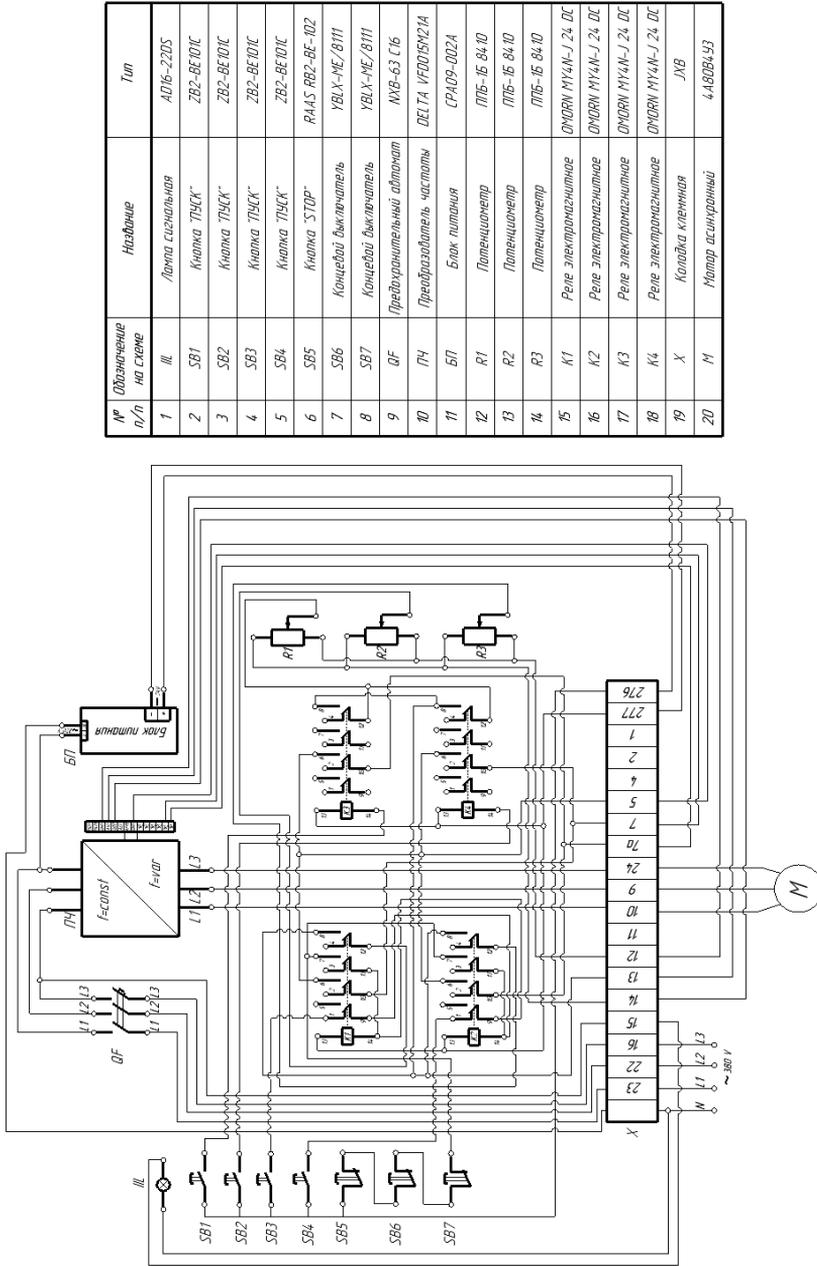
Необходимо отметить, что управляющая цепь реле *K1* и *K2* в электрической схеме построена с обеспечением защиты от одновременного нажатия двух кнопок «ПУСК».

Реле *K3* и *K4* служат для вспомогательных перемещений, они не обладают функцией непрерывного питания и обеспечивают кратковременное реверсное перемещение бурильного механизма, например, для ускоренного его подвода или отвода.

При работе электромагнитных реле *K1* и *K2* предусмотрена возможность регулирования скорости перемещения бурильного механизма посредством потенциометров *R2* и *R3*. Регулирование скорости вспомогательных, кратковременных перемещений осуществляется посредством потенциометра *R1*.

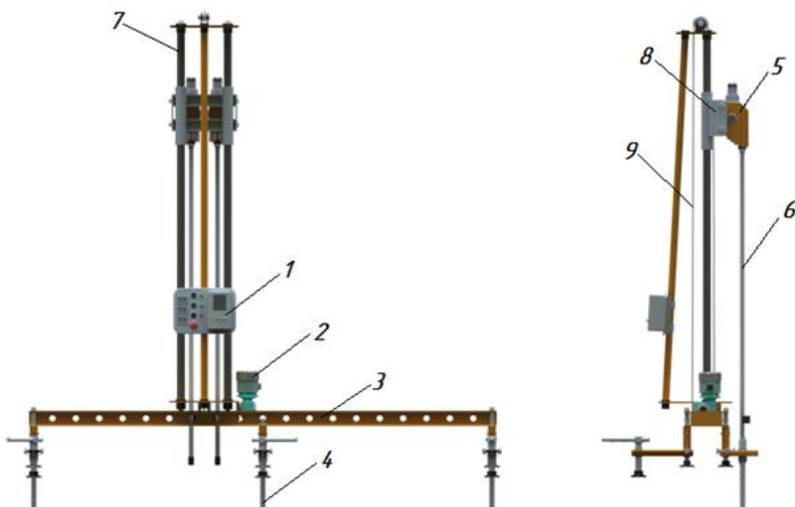
Схема для однофазной сети устанавливается на буровые станки с исполнительными механизмами мощностью до 1,5 кВт, например, станок строчечного бурения БС-32 (рисунок 3) [2].

Помимо ручного регулирования скорости перемещения бурильного механизма, в схеме управления предусмотрена возможность автоматического её изменения в процессе бурения, тем самым обеспечивая постоянное осевое усилие на буровом инструменте. Реализуется это посредством обратной связи по силе входящего тока электродвигателя.



| №  | Объяснение<br>ро/л | Назначение                | Тип                |
|----|--------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | III                | Лампа сигнальная          | AD16-220S          |
| 2  | SB1                | Кнопка ПУСК               | ZB2-BE101C         |
| 3  | SB2                | Кнопка ПУСК               | ZB2-BE101C         |
| 4  | SB3                | Кнопка ПУСК               | ZB2-BE101C         |
| 5  | SB4                | Кнопка ПУСК               | ZB2-BE101C         |
| 6  | SB5                | Кнопка STOP               | RA4S RB2-BE-102    |
| 7  | SB6                | Концевой выключатель      | YBLX-ME/8111       |
| 8  | SB7                | Концевой выключатель      | YBLX-ME/8111       |
| 9  | OF                 | Предохранительный автомат | MB-63 C16          |
| 10 | ПЧ                 | Преобразователь частоты   | DELTA VFDD15M214   |
| 11 | БП                 | Блок питания              | CPA09-0024         |
| 12 | R1                 | Потенциометр              | ППБ-16 6410        |
| 13 | R2                 | Потенциометр              | ППБ-16 6410        |
| 14 | R3                 | Потенциометр              | ППБ-16 6410        |
| 15 | K1                 | Реле электромагнитное     | OMRON MY4N-J 24 DC |
| 16 | K2                 | Реле электромагнитное     | OMRON MY4N-J 24 DC |
| 17 | K3                 | Реле электромагнитное     | OMRON MY4N-J 24 DC |
| 18 | K4                 | Реле электромагнитное     | OMRON MY4N-J 24 DC |
| 19 | X                  | Коллектор клеммная        | ЛЖВ                |
| 20 | M                  | Мотор асинхронный         | 4-AB08453          |

Рисунок 2 – Трёхфазная электрическая схема управления электроприводом механизма подачи буровой машины



1 – пульт управления; 2 – подающий механизм; 3 – рама станка; 4 – анкер;  
5 – перфоратор; 6 – штанга; 7 – направляющая буровой каретки;  
8 – буровая каретка; 9 – цепная передача.

Рисунок 3 – Общий вид бурового станка строчечного бурения БС 32

Клеммная колодка Х предназначена для соединения и ответвления соединительных проводов в электрической цепи.

Здесь механизм подачи бурового инструмента приводится в движение посредством асинхронного электродвигателя мощностью 0,75 кВт. Питание преобразователя частоты тока, управляющего этим двигателем, осуществляется однофазным переменным током, напряжением в 220 В, в то время как выходной ток с него преобразуется в трёхфазный, напряжением в 220 В на каждой фазе.

Электрическая схема однофазного пульта представлена на рисунке 4.

Все представленные элементы управления смонтированы на металлической монтажной пластине, которая закрепляется в пластиковом герметичном электрическом щите.

Общий вид пульта управления представлен на рисунке 5.

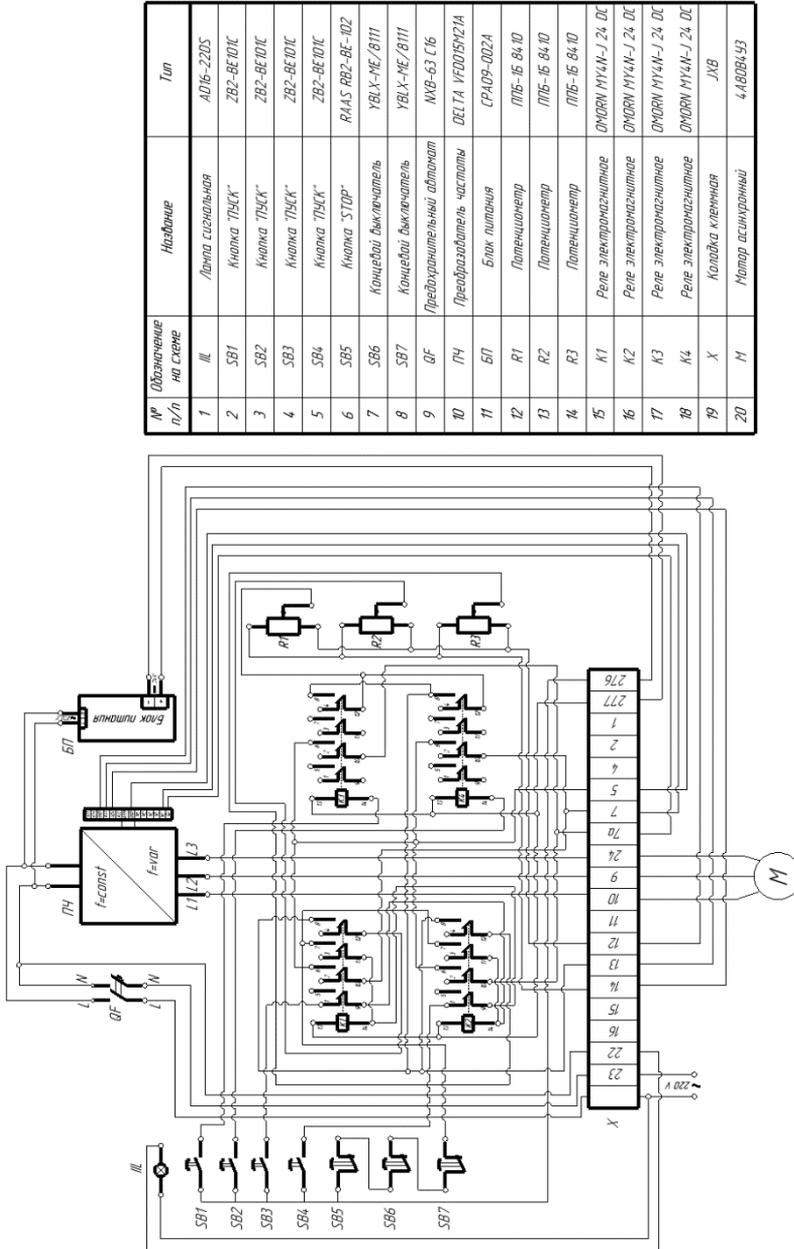


Рисунок 4 – Однофазная электрическая схема управления электроприводом механизма подачи буровой машины



Рисунок 5 – Общий вид пульта управления механизмом подачи инструмента буровой машины

Представленные пульты управления являются стационарными и монтируются непосредственно на буровой машине. В связи с этим возникает сложность в управлении буровой машины, т. к. инструмент находится на большом расстоянии от оператора, то для его обслуживания или контроля нужен помощник бурильщика.

Для обеспечения возможности обслуживания буровой машины одним оператором разработана система дополнительного пульта (джойстика) дистанционного управления стационарным пультом по каналу Bluetooth. Таким образом, посредством дистанционного джойстика буровая машина может обслуживаться одним человеком, который может, например, наращивать буровой став, включая вспомогательные движения механизмов машины дистанционно.

### **Выводы:**

Разработаны две схемы управления для электроприводных бурильных машин различной мощности. Представленные схемы являются релейно-цифровыми, обладают функцией автоматизации и могут быть применены для управления любой бурильной машины с частотно-регулируемым асинхронным электроприводом.

**Литература**

1. Самохвалов М. А. Монтаж и эксплуатация бурового оборудования [Текст] / М. А. Самохвалов // Учебное пособие. – Изд-во Томского политехнического университета, Томск, 2010. – 312 с.
2. Анохин А. В. Разработка станка строчечного бурения БС-32 для добычи блоков природного камня. [Текст] / В. Б. Васильев, Н. Н. Фадеева // Машиноведение. – Вып. 2(12). – Бишкек, 2020. – С. 29–40.

УДК 621.9.06

**СҮЮКТУКТУН ЧЫГЫМДАРЫН СЕРПИМ-СОККУЛУУ ЖАНА ЖЫШТЫК-СОККУЛУУ ЖӨНДӨӨЧҮ ТЕСТИН ГИДРОСУППОРТУН КУРАЛЫН ЖЫЛЫДЫРУСУН БАШКАРУУЧУ АВТОМАТТЫК СИСТЕМАЛАРЫН ИШТЕП ЧЫГАРУУ**

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ИНСТРУМЕНТА ГИДРОСУППОРТА СТАНКА С АМПЛИТУДНО-ИМПУЛЬСНЫМ И ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ РАСХОДА ЖИДКОСТИ**

**DEVELOPMENT OF AUTOMATIC TOOL SUPPLY CONTROL SYSTEMS WITH AMPLITUDE-PULSED AND FREQUENCY-PULSED LIQUID FLOW CONTROL**

*А. П. Муслимов, С. И. Квитко, В. Б. Васильев*

*A. P. Muslimov, S. I. Kvitko, V. B. Vasilev*

*Макалада токардык тесте буюмдарды механикалык иштетүүнүн технологиялык жараяндарын башкаруунун автоматтык системаларын иштеп чыгуу боюнча материалдар камтылган, мында куралды жылыдыруучу тестин гидросуппортко күчтүк цилиндрине кирүүчү суюктуктун чыгымын жөндөөчү дискреттик ыкмасын колдонуусу каралган. Куралдардын жылыдырып берүүсүн башкаруунун серпим-соккуулу жана жыштык-соккуулу ыкмалары менен иштелип чыккан жөндөмдөө системалары, аларды долбоорлоо үчүн керектүү негизги өлчөм мүнөздөгүчтөрүн эсептөө үчүн математикалык моделдери келтирилген. Токардык таза жана орой иштетүүдө иштелип чыккан системаларды колдонуу мүмкүнчүлүгү далилденди. Иштелип жаткан материалдарга жараша системада баптоочу программалык түзүлүштүн болушу иштетүүдө ар кандай алгоритмин колдонууга мүмкүндүк берет. Жалпы жөнү, иштелип чыккан системаларды бөлөк түрдөгү тестерде буюмдарды иштетүүдө колдонсо болот.*

*В статье содержатся материалы по разработке автоматических*

систем управления технологическими процессами механической обработки изделий на токарном станке, предусматривающих использование дискретного способа регулирования расхода жидкости, поступающей в силовой цилиндр гидросуппорт станка подачи инструмента. Приведены разработанные системы управления с амплитудно-импульсным и частотно-импульсным способами регулирования подачи инструмента, математические модели для расчета основных параметров регуляторов, необходимых при их проектировании. Доказана возможность использования разработанных систем при токарной чистовой и черновой обработке. Наличие в системе задающего программного устройства позволяет задействовать любой алгоритм режимов обработки в зависимости от обрабатываемых материалов. В принципе разработанные системы применимы при обработке изделий на других видах станков.

*The article contains materials on the development of automatic control systems for the technological processes of machining products on a lathe, involving the use of a discrete method for regulating the flow of fluid entering the power cylinder of the hydraulic support of the tool feed machine. The developed control systems with amplitude-pulse and frequency-pulse methods of tool feed control, mathematical models for calculating the main parameters of regulators necessary for their design are presented. The possibility of using the developed systems for turning finishing and roughing is proved. The presence in the system of a master software device allows you to use any algorithm of processing modes, depending on the materials being processed. In principle, the developed systems are applicable when processing products on other types of machine tools.*

**Түйүн сөздөр:** механикалык иштетүү; токардык тес; гидросуппорт; автоматтык системасы; маалымат өлчөөчү түзүлүш; жыштык өзгөрткүч; суюктуктун чыгымын жөнгө салгыч; күчөткүч.

**Ключевые слова:** механическая обработка; токарный станок; гидросуппорт; автоматическая система; информационно-измерительное устройство; преобразователь частоты; регулятор расхода жидкости; усилитель.

**Keywords:** machining; lathe; hydraulic support automatic system; information-measuring device; frequency converter; fluid flow regulator; amplifier.

Известно, что к продукции машиностроения в условиях рыночной экономики и конкуренции предъявляются повышенные требования по качеству продукции и при одновременном обеспечении высокой производительности труда. Эту проблему можно решить путем автоматического управления технологическим

процессом изготовления, например, при токарной чистовой обработке — это обеспечение точности геометрических размеров детали и минимальной шероховатости обработанной поверхности, а при черновой обработке необходимо решать вопросы стойкости инструмента и предотвращения его поломки при внезапном повышении сил резания.

Сила резания, особенно при черновой обработке, постоянно изменяется во времени по следующим причинам: непостоянство припуска на обработку и твердости материала заготовки; износ режущей кромки резца; изменение упругих и пластических деформаций, температуры при резании и сил сопротивления и другим. При разработке автоматической системы регулирования следует иметь в виду, что от величины подачи инструмента зависит сила резания [1].

Увеличение или уменьшение подачи соответственно приводит к возрастанию или уменьшению силы резания, поэтому автоматическая система должна быть универсальной, т.е. в одинаковой мере она применима как для чистовых операций, когда путем стабилизации подачи инструмента и сил резания достигается точность геометрических размеров и чистота обработанной поверхности, так и для черновых, когда система при возрастании силы резания должна уменьшить ее за счет снижения величины подачи инструмента [2].

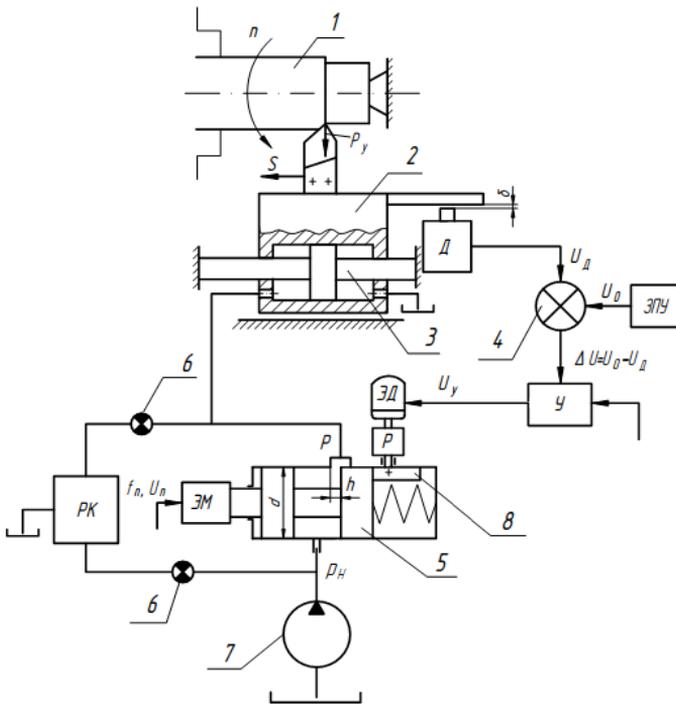
При тонком обтачивании деталей на токарных станках с целью получения точных геометрических размеров и чистоты поверхности широко используется гидравлический привод в суппорте станка, поскольку он обеспечивает плавность его перемещения и обладает способностью демпфировать вынужденные колебания, возникающие в процессе обработки.

Главными недостатками гидравлических приводов суппорта токарного станка при малых скоростях перемещения являются нестабильность скорости движения суппорта из-за изменения внутренних утечек в силовом цилиндре в зависимости от сил резания и облитерация пропускной щели дросселя при малых расходах.

Для устранения отмеченных выше недостатков были разработаны оригинальные автоматические системы управления величиной подачи инструмента гидросуппорта токарного станка с амплитудно-импульсным и частотно-импульсным регулированием расхода, поступающего в его силовой цилиндр [3].

**Амплитудно-импульсное регулирование расхода жидкости**

На рисунке 1 представлена принципиальная схема автоматической системы управления подачей инструмента гидросуппорта токарного станка с амплитудно-импульсным регулированием расхода жидкости.



- 1 – обрабатываемая деталь; 2 – гидросуппорт подачи инструмента;
- 3 – силовой цилиндр; 4 – сумматор; 5 – дискретный регулятор;
- 6 – демпфер; 7 – насос; 8 – эксцентрик; РК – редуцирующий клапан;
- ЭМ – электромагнит; ЭД – электродвигатель; Р – редуктор;
- Д – индуктивный датчик; У – усилитель; ЗПУ – задающее программное устройство.

Рисунок 1 – Принципиальная схема автоматического управления подачей инструмента гидросуппорта с амплитудно-импульсным регулированием расхода жидкости

Автоматическая система состоит из следующих основных элементов: гидросуппорт подачи инструмента 2, индуктивный датчик  $D$  для постоянного измерения деформации резца, возникающей за счет радиальной составляющей силы резания  $P_y$ ; сумматора 4, который на выходе выдает сигнал рассогласования  $\Delta U = U_0 - U_d$ , где  $U_0$  – задающий сигнал, поступающий из задающего программного устройства ЗПУ,  $U_d$  – электрический сигнал, идущий от индуктивного датчика. Сигнал рассогласования  $\Delta U$  нуждается в усилении по мощности с помощью усилителя  $V$ , и усиленный сигнал  $U_y$  приводит в движение электродвигатель ЭД с редуктором  $P$ , который поворачивает эксцентрик 8, служащий упором подвижного золотника дискретного регулятора 5.

При повороте эксцентрика меняется значение открытия щели  $h$  дискретного регулятора. Любой закон изменения  $h$  устанавливается путем программирования параметров  $U_0$  и профилем эксцентрика.

Средний расход рабочей жидкости, поступающий в силовой цилиндр 3, определяется формулой [2]:

$$Q = \mu \pi d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p} \cdot \frac{\Delta t}{T} h, \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, равный 0,65 [3];  $d$  – диаметр золотника дискретного регулятора, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\gamma$  – удельный вес рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta p$  – перепад давления на дискретном регуляторе, МПа ( $\Delta p = const$  в связи с тем, что к нему параллельно подключен редукционный клапан РК);  $\Delta t$  – ширина импульсного расхода жидкости, с;  $T$  – период чередования импульсного расхода (рисунок 2), с;  $h$  – величина открытия рабочей щели регулятора расхода, м.

В формуле (1) все параметры являются постоянными, кроме  $h$ , который может в зависимости от конкретной практической задачи меняться по любому заранее заданному закону, тогда формулу (1) можно представить в виде:

$$Q = K_a \cdot h, \quad (2)$$

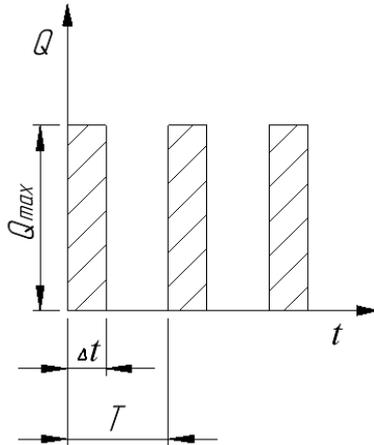


Рисунок 2 – Схема амплитудно-импульсного регулирования расхода жидкости

где  $K_a = \mu\pi d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p} \cdot \frac{\Delta t}{T}$  коэффициент усиления дискретного регулятора с амплитудно-импульсным регулированием расхода жидкости.

Автоматическая система работает следующим образом.

При выполнении чистовых операций токарной обработки изменение радиальной составляющей силы резания  $P_y$ , например, при ее возрастании, приводит к уменьшению зазора  $\delta$  между резцедержателем и датчиком, что в свою очередь ведет к изменению параметров  $U_d$ ,  $\Delta U$ ,  $U_y$ , и электродвигатель с редуктором поворачивает эксцентрик таким образом, чтобы величина рабочей щели  $h$  несколько увеличилась для компенсации возросших внутренних утечек в силовом цилиндре, что стабилизирует величину подачи инструмента.

Скорость движения гидросуппорта с инструментом с учетом внутренних утечек равна [3]:

$$S = \frac{Q}{F} - K_{ym} \frac{P_y}{F^2}, \quad (3)$$

где  $F$  – эффективная площадь силового цилиндра, м<sup>2</sup>;  $K_{ym}$  –

коэффициент утечек в силовом цилиндре, зависящий от качества уплотнения;  $P_y$  – радиальная составляющая сила резания, Н;  $Q$  – расход, поступающий в силовой цилиндр, м<sup>3</sup>/с.

Очевидно, величина дополнительного открытия рабочей щели  $\Delta h$  дискретного регулятора расхода должна увеличить расход, поступающий в силовой цилиндр таким образом, чтобы выдерживалось следующее условие [3]:  $K_{ym} \frac{\Delta P_y}{F^2} = \frac{K_a \cdot \Delta h}{F}$ , откуда можно определить значение  $\Delta h$ :

$$\Delta h = \frac{K_{ym} \cdot \Delta P_y}{K_a \cdot F}, \quad (4)$$

где  $\Delta P_y$  – величина приращения силы резания  $P_y$ .

Дополнительное открытие рабочей щели  $\Delta h$  стабилизирует скорость подачи инструмента путем увеличения ее на величину  $\Delta S = \frac{K_a \cdot \Delta h}{F}$  — до установленного значения, что видно из формулы:

$$S = \frac{Q}{F} - K_{ym} \frac{P_y \pm \Delta P_y}{F^2} \pm \frac{K_a \cdot \Delta h}{F}. \quad (5)$$

При увеличении силы резания  $\Delta P_y$  во втором и третьем слагаемом следует брать знак плюс, а при уменьшении силы резания – знак минус.

При выполнении черновых операций токарной обработки силы резания постоянно изменяются во времени по вышеотмеченным причинам, достигая больших значений, что может привести к преждевременному износу резца, его поломке, поэтому автоматическая система за счет снижения подачи инструмента уменьшает величину силы резания до заданного значения.

Система работает аналогично, как и при стабилизации скорости подачи инструмента по вышеописанной схеме, но при этом отличие работы в том, что силы резания при черновой обработке возрастают значительно, поэтому необходимо дополнительное уменьшение щели дискретного регулятора расхода, величину ее

можно вычислить по той же формуле (4), в которой  $\Delta P_y$  намного больше, чем при чистовой обработке.

Достоинство автоматической системы автоматического управления подачей инструмента гидросуппорта с амплитудно-импульсным регулированием расхода жидкости при применении ее в токарных станках – возможность ее применения как при чистовых, так и при черновых операциях.

### **Частотно-импульсное регулирование расхода жидкости**

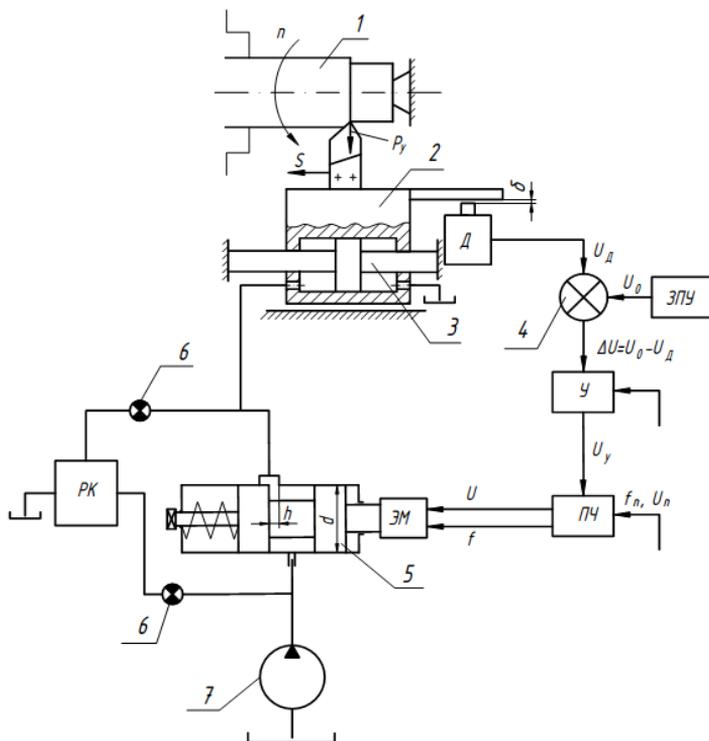
Автоматическая система с частотно-импульсным регулированием расхода жидкости (рисунок 3) состоит из тех же основных элементов, что и схема с амплитудно-импульсным регулированием: гидравлический суппорт 2 с силовым цилиндром 3; индуктивный датчик  $D$ ; задающее программное устройство ЗПУ; сумматор 4, в котором происходит сравнение электрических сигналов, идущих от датчика  $U_D$ , и задающего сигнала  $U_0$ .

Сигнал рассогласования из сумматора  $\Delta U = U_0 - U_D$  усиливается усилителем  $У$ , и усиленный сигнал  $U_y$  поступает в преобразователь частоты ПЧ. При этом происходит изменение частоты и напряжения тока, поступающего в электромагнит ЭМ, и период открытия рабочей щели дискретного регулятора 5 меняется.

Средний расход, поступающий в силовой цилиндр суппорта, равен:

$$Q = \mu \pi d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p} \cdot \frac{\Delta t}{T} h = K_q \cdot f, \quad (6)$$

где  $K_q = \mu \pi d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p} \cdot \Delta t \cdot h$  – коэффициент усиления дискретного регулятора с частотно-импульсным регулированием расхода жидкости,  $f$  – частота колебания дискретного регулятора,  $c^{-1}$ , которая равна обратной величине периода, т.е.  $f = \frac{1}{T}$ .



1 – обрабатываемая деталь; 2 – гидросуппорт подачи инструмента;  
 3 – силовой цилиндр; 4 – сумматор; 5 – дискретный регулятор;  
 6 – демпфер; 7 – насос; ПК – редукционный клапан; ЭМ – электромагнит;  
 Д – индуктивный датчик; У – усилитель, ПЧ – преобразователь частоты.

Рисунок 3 – Принципиальная схема автоматического управления подачей инструмента гидросуппорта с частотно-импульсным регулированием расхода жидкости

Из формулы (6) видно, что, меняя частоту чередования импульсного расхода, можно регулировать значение среднего расхода жидкости, поступающего в силовой цилиндр суппорта, и этим самым подачу инструмента:

$$S = \frac{Q}{F} - K_{ym} \frac{P_y \pm \Delta P_y}{F^2} \pm \frac{K_q \cdot f}{F}. \quad (7)$$

Различные скорости подачи инструмента и закон ее изменения осуществляется задающим программным устройством параметром  $U_0$ .

Разработанная система автоматического управления величиной подачи инструмента с частотно-импульсным регулированием является универсальной, поскольку применима она для токарных станков, предназначенных как для чистовой обработки, так и для черновой в зависимости от настройки преобразователя частоты тока [4].

При чистовой обработке для изготовления детали с точными геометрическими размерами и качественной поверхности необходимо поддерживать стабильными величину деформации резца, что достигается следующим образом: при возрастании радиальной составляющей силы резания  $P_y$ , зазор  $\delta$  между резцедержателем и датчиком уменьшается, что приводит к изменению  $U_d$ , сигналов рассогласования  $\Delta U$ , усилителя  $U_y$  и частоты тока  $f$ , поступающего в электромагнит, который осуществляет колебательное движение золотника дискретного регулятора с большей частотой, и средний расход, поступающий в силовой цилиндр, возрастает ровно настолько, чтобы компенсировать уменьшение скорости подачи, вызванное увеличением внутренних утечек в силовом цилиндре суппорта.

При уменьшении нагрузки все происходит наоборот:  $\delta$  увеличивается, что приводит к изменению величин  $U_d$ ,  $\Delta U$ ,  $U_y$  и уменьшению частоты  $f$  колебания электромагнита, и скорость подачи восстанавливается до заданного значения.

При черновой обработке деталей на токарных станках силы резания изменяются в широких пределах, их величины возрастают в зависимости от таких факторов, как колебание припуска и твердости материала заготовки по длине обработки, износа режущей кромки инструмента, изменений температуры в зоне резания и сил сопротивления.

Для того чтобы повысить стойкость инструмента и предотвратить его поломку, при возрастании сил резания по изложенным выше причинам необходимо резко уменьшить величину подачи инструмента, что достигается соответствующей настройкой автоматической системы: при возрастании  $P_y$  изменяются параметры

$U_d$ ,  $\Delta U$ ,  $U_y$ , и частота тока на выходе преобразователя уменьшается, что приводит к уменьшению сил резания.

Достоинствами разработанных автоматических систем управления величиной подачи инструмента гидросуппорта с амплитудно-импульсными и частотно-импульсным регулированием являются:

1) простота схемы управления, меньшее количество элементов, которые являются стандартными, кроме индуктивного датчика и дискретного регулятора расхода;

2) универсальность автоматической системы, поскольку она применима для чистовой и черновой видов механической обработки путем соответствующих несложных настроек элементов: задающего программного устройства и эксцентрика;

3) реализация любого закона изменения величины открытия рабочей щели, что позволяет оптимизировать технологический процесс;

4) отсутствие явления облитерации – зарастивания пропускной щели регулятора расхода при его малых значениях в связи с тем, что постоянно происходит открытие и закрытие щели;

5) требования к точности и качеству изготовления дискретного регулятора значительно ниже, чем к дросселям непрерывного регулирования.

Автоматическую систему управления величиной подачи инструмента гидросуппорта с частотно-импульсным дискретным регулированием расхода можно применить для модернизации существующих, а также при создании новых моделей токарных станков, что обеспечит повышение качества продукции, производительности обработки и стойкости инструмента.

### **Литература**

1. Грановский, Г. И., Грудов, П. П. Резание металлов: Учебник для машиностроительных и приборостроительных специальностей вузов. — М.: Машиностроение, 2002.— 460 с.
2. Пуш, В. Э., Пигерт, Р., Сосонкин, В. Л. Автоматические станочные системы. — М. : Машиностроение, 2001. — 361 с.
3. Муслимов, А. П., Нифадьев, В. И., Пахомов, П. И. Расчет и проектирование гидравлических систем машин. — Бишкек: Изд-во КРСУ, 2006. — 164 с.
4. Муслимов, А.П., Васильев, В.Б. Автоматическое управление технологическими процессами в машиностроении. — Бишкек: Изд-во КРСУ, 2018. — 256 с.

УДК 621.951.45

## **БУРГУЛООНУ ИШТЕТҮҮДӨ ТЕШИКТЕРДИН ҮСТҮҢКҮ КАТМАРЫНЫН САПАТЫН ЖОГОРУЛАТУУ**

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ СВЕРЛЕНИЕМ**

## **IMPROVING THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER OF HOLES DURING DRILLING**

*Н. А. Рагрин, У. М. Дыйканбаева, А. А. Айнабекова, Д. М. Курганова  
N. A. Ragrin, U. M. Dyikanbaeva, A. A. Ainabekova, D. M. Kurganova*

*Көзөө – бул кесүү менен тешикттерди кесип жасоонун бирден-бир жолу, ошондуктан бургулар көп колдонулуучу кесүүчү аспаптар болуп саналат. Көзөө дайыма биринчи технологиялык өтмөк болгондуктан, кийинки иштетүүдөгү мээнетти азайтуу максатында көзөлгөн көзөнөктүн сапатын жогорулатуу маселеси олуттуу болуп саналат. Көзөө тартибинин өлчөм мүнөздөмөлөрүн айкалыштыруунун натыйжасында көзөнөктүн чыңоо даражасын азайтуу аркылуу көзөнөктүн сырткы катмарынын сапатын жогорулатууга багытталган лабораториялык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары көрсөтүлгөн. Көзөнөктүн сырткы катмарынын чыңап калышына көзөө шарттамдарынын өлчөм мүнөздөмөлөрүнүн таасир берүүчү көзөө шарттары жана таасирдин мүнөздөмөлөрү эксперимент жүзүндө аныкталган. Кесүү шарттамдынын өлчөм мүнөздөмөлөрү иштетилип жаткан беттин чыңап калышына түзмө-түз таасир берери жана анын жогору экендиги аныкталган.*

*Сверление – единственный способ получения отверстий резанием, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. В связи с тем, что сверление всегда является первым технологическим переходом, проблема повышения качества просверленных отверстий с целью снижения трудоемкости последующей их обработки является актуальной. Представлены результаты лабораторных исследований, направленных на повышение качества поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением за счет уменьшения степени наклепа в результате варьирования параметрами режима резания. Экспериментально определены условия обработки сверлением, при которых имеет место влияние параметров режима резания на степень наклепа поверхностного*

слоя, определен характер этого влияния. Определено, что параметры режима резания прямо пропорционально влияют на степень наклепа обработанной поверхности, при этом влияние подачи происходит в большей степени.

*Drilling is the only way to cut holes, so drills are one of the most commonly used cutting tools. Due to the fact that drilling is always the first technological transition, the problem of improving the quality of drilled holes, in order to reduce the labor intensity of their subsequent processing, is urgent. The results of laboratory studies aimed at improving the quality of the surface layer of holes processed by drilling by reducing the degree of work hardening as a result of varying the parameters of the cutting mode are presented. The drilling conditions under which the parameters of the cutting mode affect the degree of work hardening of the surface layer are experimentally determined, the nature of this influence is determined. It was determined that the parameters of the cutting mode directly proportionally affect the degree of work hardening of the machined surface, while the influence of the feed occurs to a greater extent.*

**Түйүн сөздөр:** бургу; көзөө; көзөнөк; чыңоо; беттик катмар; кесүү ылдамдыгы; жылдыруу.

**Ключевые слова:** сверло; сверление; отверстие; наклеп; поверхностный слой; скорость резания; подача.

**Key words:** drill; hole; work hardening; surface layer; cutting speed; feed.

## Введение

Сверление – единственный способ получения отверстий резанием, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес (около 30%) занимают быстрорежущие спиральные сверла. На промышленных предприятиях быстрорежущие спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента.

Сверление всегда является первым технологическим переходом при обработке отверстий резанием, за которым следуют: рассверливание, черновое и чистовое зенкерование, нормальное, точное и тонкое развертывание, в зависимости от необходимых параметров качества отверстий. Трудоемкость обработки таких отверстий достаточно высока и зависит не только от большого количества техноло-

гических переходов, но и от высокой стоимости режущих инструментов. Поэтому целью настоящих исследований является решение актуальной проблемы повышения качества отверстий, обработанных сверлением.

### **Анализ проблемы**

Известно, что качество отверстий характеризуется такими показателями, как шероховатость поверхности, квалитет допуска, глубина дефектного поверхностного слоя, допустимые величины которых регламентированы справочником [1], в зависимости от вида обработки отверстий.

В работе [2] проведен анализ качества отверстий деталей технологической оснастки, применяемой на предприятиях г. Бишкека, таких как плиты – верхние и нижние, держатели матриц и пуансонов и т.п. Каждая из них имеет до десяти высокоточных отверстий диаметром от 10 до 20 мм, седьмого квалитета с допустимой глубиной дефектного поверхностного слоя от 5 до 25 мкм. В работе [3] на основании экспериментальных исследований обоснован путь повышения качества отверстий, обработанных сверлением, применением скоростей резания меньших 6 м/мин. Помимо скорости резания, на качество обработанных сверлением отверстий большое влияние оказывает толщина стружки – подача, от величины которой зависит сила давления стружки на передние поверхности режущих лезвий. От силы резания зависит качество поверхностного слоя отверстий. В работе [4] показано существенное влияние осевого биения режущих кромок спиральных сверл на их стойкость. В работе [5] представлен характер влияния осевого биения режущих кромок спиральных сверл, в пределах установленных ГОСТом, на показатели качества просверленных отверстий. Показано, что для повышения качества отверстий, обработанных сверлением, необходимо повышать качество заточки режущей части сверл, уменьшать осевое биение режущих кромок. Обосновано, что применение двухплоскостной заточки задних поверхностей с последующей доводкой алмазным инструментом позволяет значительно снизить осевое биение режущих кромок.

Результаты лабораторных исследований авторами работы [5] показали возможность значительного улучшения качества отверстий, обработанных спиральными сверлами, при сверлении отверстий на скоростях резания 4,32–5,53 м/мин быстрорежущими спиральными сверлами с двухплоскостной заточкой задних поверхностей, у которых осевое биение режущих кромок, установленных в шпинделе станка, составляло 0,08 мм.

Одним из определяющих показателей качества отверстий является глубина дефектного поверхностного слоя, которая в деталях технологической оснастки [2] не превышает величины 25 мкм, что соответствует нормальному развертыванию [1].

Вместе с тем справочник [1] рекомендует оценивать величину упрочнения поверхностного слоя обработанной поверхности степенью наклепа. Степень наклепа определяется из отношения разности максимальной поверхностной микротвердости после обработки и исходной микротвердости обрабатываемого материала к исходной микротвердости обрабатываемого материала, помноженной на 100% [1]. При этом степень наклепа справочником [1] не регламентируется, и в технической литературе отсутствуют результаты исследований, направленных на определение характера и степени влияния параметров режима резания на степень наклепа поверхностного слоя при обработке резанием. В работе [6] представлены результаты исследований влияния параметров режима резания на глубину дефектного поверхностного слоя при сверлении. В работе [6] показано, что скорость резания и подача существенно влияют на глубину дефектного поверхностного слоя и представлен характер этого влияния. Результаты исследований, представленные в работе [6], позволяют предположить наличие зависимости степени наклепа поверхностного слоя от параметров режима резания. На основании представленного выше анализа существующего момента и в соответствии с целью исследований разработаны следующие задачи исследований:

- определить наличие и условия зависимости степени наклепа поверхностного слоя от параметров режима резания;

- определить характер влияния параметров режима резаний на степень наклепа поверхностного слоя просверленных отверстий.

### **Методы исследований**

С целью решения поставленных задач и в соответствии с целью исследований проведены испытания быстрорежущих спиральных сверл диаметром 11,0 мм по ГОСТу [7] класса точности А1. Задние поверхности данных сверл затачивались по двухплоскостной заточке с доводкой алмазным инструментом на прецизионном оборудовании, после чего допуск осевого биения режущих кромок не превышал 0,08 мм. Сверлились сквозные отверстия глубиной 3d в заготовках из стали 45 180НВ. Для обеспечения перпендикулярности оси отверстий относительно технологических баз обрабатываемые заготовки фрезеровались и шлифовались с шести сторон.

Осевое биение режущих кромок сверл, установленных в шпинделе станка, измерялось микрометром часового типа с ценой деления 0,01 мм, закрепленном на магнитном штативе, и не превышало 0,08 мм. Таким же микрометром измерялась разбивка отверстий.

Для сравнения были проведены испытания спиральных сверл с конической заточкой задних поверхностей по ГОСТу [7] классов точности В, у которых допуск осевого биения режущих кромок должен быть не более 0,3 мм. После установки в шпиндель станка осевое биение режущих кромок этих сверл составило 0,3 мм.

Параметры режима резания, которые использовались при проведении лабораторных исследований, представлены в таблице 1.

Известно, что микротвердость – это твёрдость отдельных участков микроструктуры материала, отдельных фаз и структурных составляющих, твёрдость внутри отдельных зёрен (для конструкционных доэвтектоидных сталей – это зерна феррита и перлита). Поэтому использовать результаты измерения микротвердости для оценки влияния качества поверхностного слоя просверленных отверстий на стойкость металлорежущих инструментов представляется нецелесообразным.

Таблица 1 – Параметры режима резания

| V, м/мин | S, мм/об |      |      |      |     |       |
|----------|----------|------|------|------|-----|-------|
| 5,53     | 0,25     | 0,20 | 0,16 | 0,13 | 0,1 | 0,078 |
| 4,32     | 0,25     | 0,20 | 0,16 | 0,13 | 0,1 |       |
| 3,45     | 0,25     | 0,20 | 0,16 | 0,13 |     |       |
| 2,76     | 0,25     | 0,20 | 0,16 |      |     |       |
| 2,18     | 0,25     | 0,20 |      |      |     |       |

В работе [8] показано существенное влияние твердости обрабатываемого материала на стойкость быстрорежущих спиральных сверл. В работе проведены исследования влияния параметров режима резания на твердость обработанной поверхности в единицах HRC. Степень наклепа определялась по формуле (1)

$$\Delta H = \frac{HRC_{оп} - HRC_{исх}}{HRC_{исх}} 100 \%, \tag{1}$$

где HRC<sub>оп</sub> – твердость обработанной поверхности; HRC<sub>исх</sub> – исходная твердость материала.

### Результаты исследований

В таблицах 2 и 3 представлены результаты измерения твердости обработанной поверхности: в таблице 2 – для сверла с конической заточкой задних поверхностей, в таблице 3 – для сверла с двухплоскостной заточкой.

В представленных таблицах видно, что при большом осевом биении режущих кромок (таблица 2) параметры режима резания не влияют на твердость обработанной поверхности. При обработке сверл с двухплоскостной заточкой задних поверхностей влияние параметров режима резания имеет место. Характер этого влияния представлен на рисунках 1 и 2.

На представленных рисунках видно, что параметры режима резания прямо пропорционально влияют на твердость обработанной

Таблица 2 – Твердость обработанной поверхности сверлом с конической заточкой задних поверхностей

| V,<br>м/мин | S, мм/об |       |       |       |      |       |
|-------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|
|             | 0,25     | 0,20  | 0,16  | 0,13  | 0,1  | 0,078 |
|             | HRC      |       |       |       |      |       |
| 5,53        | 16,6     | 13,4  | 16    | 12    | 12,5 | 12,66 |
| 4,32        | 12,83    | 19,16 | 17,33 | 20,33 | 29,3 |       |
| 3,45        | 13       | 12,7  | 11,43 | 14,83 |      |       |
| 2,76        | 10,6     | 12,3  | 12    |       |      |       |
| 2,18        | 11,66    | 11,5  |       |       |      |       |

Таблица 3 – Твердость обработанной поверхности сверлом с двухплоскостной заточкой задних поверхностей

| V,<br>м/мин | S, мм/об |      |       |      |      |       |
|-------------|----------|------|-------|------|------|-------|
|             | 0,25     | 0,20 | 0,16  | 0,13 | 0,1  | 0,078 |
|             | HRC      |      |       |      |      |       |
| 5,53        | 14,03    | 12,5 | 11,56 | 11   | 11,4 | 10,67 |
| 4,32        | 12,8     | 11,5 | 10,7  | 9,53 | 8,33 |       |
| 3,45        | 12,3     | 11,7 | 11,06 | 9,43 |      |       |
| 2,76        | 12,66    | 10,8 | 9,67  |      |      |       |
| 2,18        | 12,2     | 11   |       |      |      |       |

поверхности, при этом влияние подачи происходит в большей степени. В таблице 4 представлены результаты определения степени наклепа обработанного поверхностного слоя при варьировании скоростью резания и подачей.

На представленных рисунках видно, что параметры режима резания прямо пропорционально влияют на степень наклепа обработанной поверхности, при этом влияние подачи происходит в большей степени.

Из таблицы 4 видно, что при увеличении скорости резания и подачи степень наклепа обработанной поверхности возрастает до 75%, что негативно скажется на стойкости режущего инструмента.

Характер этого влияния представлен на рисунках 3 и 4.

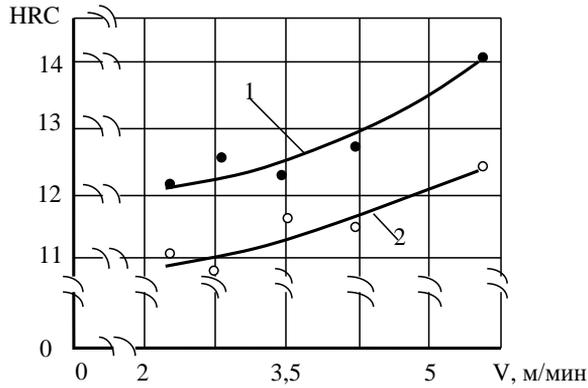


Рисунок 1 – Зависимость твердости обработанной поверхности от скорости резания, где 1 –  $S = 0,25$  мм/об, 2 –  $S = 0,2$  мм/об

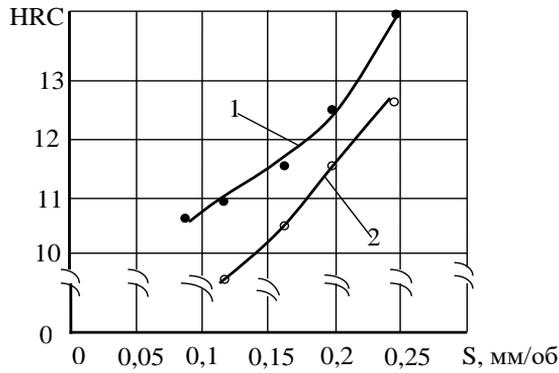


Рисунок 2 – Зависимость твердости обработанной поверхности от подачи, где 1 –  $V = 5,53$  м/мин, 2 –  $V = 4,32$  м/мин

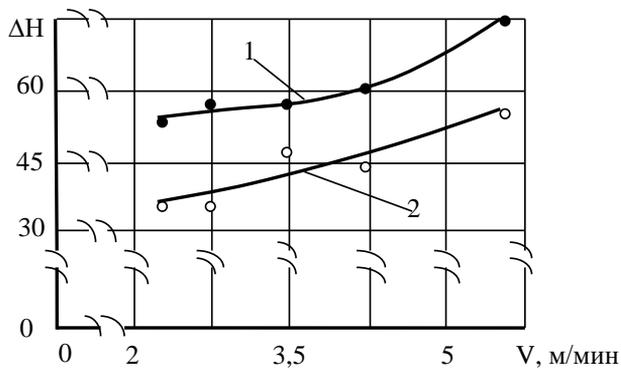


Рисунок 3 – Зависимость степени наклепа обработанной поверхности от скорости резания, где 1 –  $S = 0,25$  мм/об, 2 –  $S = 0,2$  мм/об

Таблица 4 – Влияние скорости резания и подачи на степень наклепа обработанной поверхности сверлом с двухплоскостной заточкой задних поверхностей

| V,<br>м/мин | S, мм/об |       |       |       |      |       |
|-------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|
|             | 0,25     | 0,20  | 0,16  | 0,13  | 0,1  | 0,078 |
|             | ΔН, %    |       |       |       |      |       |
| 5,53        | 75,4     | 56,25 | 44,5  | 37,5  | 42,5 | 33,37 |
| 4,32        | 60,0     | 43,75 | 33,75 | 19,1  | 4,12 |       |
| 3,45        | 53,75    | 46,25 | 38,25 | 17,87 |      |       |
| 2,76        | 58,25    | 35,0  | 20,87 |       |      |       |
| 2,18        | 52,5     | 37,5  |       |       |      |       |

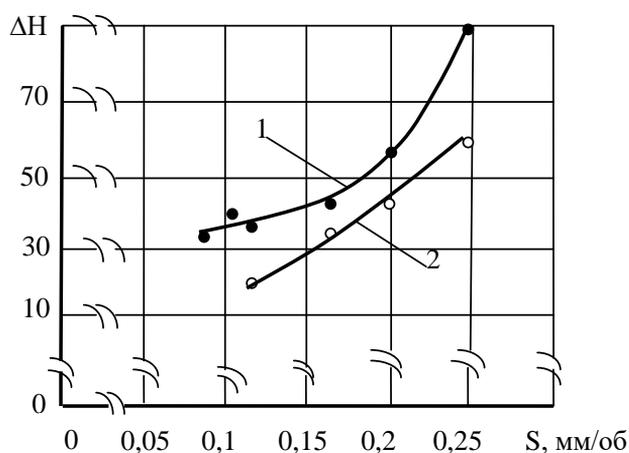


Рисунок 4 – Зависимость степени наклепа обработанной поверхности от подачи, где 1 – V = 5,53 м/мин, 2 – V = 4,32 м/мин

### Выводы

1. Экспериментально определено, что влияние параметров режима резания на степень наклепа поверхностного слоя обработанных сверлением имеет место при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой режущих лезвий, осевое биение которых при установке в шпиндель станка не превышает 0,08 мм.

2. Определено, что параметры режима резания прямо пропорционально влияют на твердость обработанной поверхности, при этом влияние подачи происходит в большей степени.
3. Определено, что при увеличении скорости резания и подачи степень наклепа обработанной поверхности возрастает до 75%, что негативно скажется на стойкости режущего инструмента.

### Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е издание исправленное. – М.: Машиностроение, 2003. – 910 с.
2. Рагрин, Н. А. Айнабекова, А. А., Озгонбеков, А. О. Разработка путей и методов повышения качества отверстий при сверлении // Технология машиностроения. – М.: 2018. – № 6. – С. 10–15.
3. Рагрин, Н. А., Айнабекова, А. А., Дыйканбаева, У. М. Научные основы повышения качества поверхности, обработанной быстрорежущими спиральными сверлами // Технология машиностроения. – М.: 2017. – № 5. – С. 13–16.
4. Рагрин, Н.А. Самсонов, В.А. Айнабекова, А.А. Определение закономерностей влияния погрешностей заточки спиральных сверл на их стойкость // Технология машиностроения. – М.: 2015. – № 7. – С. 27–31.
5. Рагрин, Н.А. Айнабекова, А.А. Разработка закономерностей влияния погрешностей заточки спиральных сверл на качество просверленных отверстий // Технология машиностроения. – М.: 2018. – № 8. – С. 40–47.
6. Рагрин, Н.А., Дыйканбаева, У.М. Разработка и обоснование путей повышения качества поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением // Технология машиностроения. – М.: 2020. – № 7. – С. 55–60.
7. ГОСТ 2034-80 – Сверла спиральные. Технические условия.
8. Рагрин, Н. А. Влияние условий обработки на физическую модель износостойкости инструмента при сверлении // Технология машиностроения. – М.: 2013. – № 12. – С.15–24.

**ЭНЕРГЕТИКА ЖАНА УНАА**  
**ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ**  
**ENERGY AND TRANSPORT**

УДК 620.92: 629.039.58

**ЭЛЕКТР ЧОРДОНДОРУНУН ТҮРЛӨРҮН**  
**ДИВЕРСИФИКАЦИЯЛОО – ӨЛКӨНҮН ЭНЕРГИЯ**  
**КООПСУЗДУГУН АРТТЫРУУ ЖОЛУ**

**ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ВИДОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ –**  
**ПУТЬ К ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ**

**DIVERSIFICATION OF TYPES OF POWER PLANTS -**  
**THE WAY TO THE ENERGY SECURITY OF THE**  
**COUNTRY**

*Аширалиев А., Кокумбаева К. А.*  
*Ashiraliev A., Kokumbaeva K. A.*

Электр энергиясын өндүрүп алуунун көптөгөн жолдору бар. Учурда дүйнөдө басымдуулук кылган жолу – жылуулук электр борборлору (ЖЭБ). ЖЭБдин зыяндуу тарабы – Жердин желкабы-гына (атмосфера) зыяндуу заттарды бүркүп чыгарып, экологиялык жана климаттык терс таасирдүү өзгөрүүлөрдү алып келүүсү. Кыргызстандын өзгөчөлүгү – электр энергиясынын 80%дан ашыгы суу электр чордондорунда (СЭЧ) өндүрүлөт. Чордондордун бир түрүнүн басымдуулук кылышынын зыяндуу жактары – суу тартылып калса эле, электр энергиясынын таңкыстыгы пайда болуп, өлкөнүн энергия коопсуздугуна терс таасирин тийгизүүсү. Кыргызстанда электр энергиясын иштеп чыгуучу чордондордун ар түрдүүлүгүн камсыздоо (диверсификациялоо) аркылуу өлкөнүн энергетикалык коопсуздугун бекемдөөгө сунуштарды иштеп чыгуу. Учурда кеңири таралган электр чордондордун оң жана терс таасирлерин талдоо. Анын жыйынтыгы боюнча Кыргызстандын шарты үчүн жигердүүлүк алып келүүчү түрлөрүн илимий негиздеп, сунуштоо. Электр чордондордун бир түрүнүн басымдуулук кылышынан арылуу үчүн, курулушу бүтө элек: жаратылыш газы менен иштөөчү ЖЭБ-2ни, Камбар-Ата-2 суу электр чордонун куруп, ишке киргизүү, азыр көмүр менен иштеп жаткан ЖЭБ-1ди жаратылыш газы менен иштөөгө которуу. Борбордук Азия аймагындагы энергетика жана мелиорация маселелерин

айкалыштыра чечүү үчүн Камбар-Ата-1 СЭЧин куруп, ишке киргизүү, чачырабаган чордондордон (күн жана шамал энергияларынан) иштелип чыккан электр энергиясынын көлөмүн 15-20%га жеткирүү иштерин “себилген энергетика” концепциясынын алкагында аткаруу, Кыргызстандын электр энергия тутумунун тең салмактуулугун жана коопсуз-дугун камсыздаары такталды.

Электроэнергия вырабатывается различными видами электростанций. В настоящее время в мире преобладают теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Главный недостаток ТЭЦ – выброс в атмосферу Земли вредных газов и газовых смесей, что является основной причиной нежелательных, вредных экологических и климатических изменений в глобальном масштабе. Особенность Кыргызстана – более 80% электроэнергии вырабатывается в гидроэлектростанциях (ГЭС). В засушливый период, когда уменьшается объем потока воды, гидрогенераторы не могут работать в номинальном режиме, и время от времени появляется дефицит электроэнергии в стране. Целью данного исследования является разработка предложений по повышению безопасности электроэнергетической системы страны путем диверсификации видов энерговырабатывающих станций. Анализ преимуществ и недостатков различных видов электростанций. По результатам анализа выработать предложение о наиболее эффективных видах электростанций для условий Кыргызстана. Уточнено, что монополия одного вида электростанций имеет свои недостатки. Для устранения их в Кыргызстане необходимо: завершить строительство недостроенной ТЭЦ-2, работающей на природном газе, и ГЭС “Камбар-Ата-2”; модернизировать ТЭЦ-1, работающую на угле, переведя ее на природный газ. Для параллельного решения проблем энергетики и мелиорации в Центральноазиатском регионе необходимо построение ГЭС “Камбар-Ата-1”, довести долю электроэнергии, вырабатываемой от энергии солнца (СЭС) и ветра (ВЭС), до 15–20%. Выполнение этих диверсификационных работ обеспечивает равновесие по видам электростанций, что в свою очередь увеличивает надежность, безопасность целой электроэнергетической системы КР.

*Electricity is generated by various types of power plants. Currently, the world is dominated by heat and power plants (CHP). The main drawback of CHP is the release of harmful gases and gas mixtures into the Earth's atmosphere, which is the main cause of undesirable, harmful environmental and climate changes on a global scale. A feature of Kyrgyzstan is that more than 80% of electricity is generated in hydroelectric power plants (HPPs). HPPs, although they do not emit harmful gases into the atmosphere, have negative aspects. During the dry period, when the volume of water flow decreases, hydroelectric generators cannot operate in the nominal mode and from time to time there is a shortage of electricity in the country. The purpose of this study is to develop proposals for improving the security of the country's electricity system by*

*diversifying the types of power generating stations. Analysis of the advantages and disadvantages of various types of power plants. Based on the results of the analysis, develop a proposal on the most efficient types of power plants for the conditions of Kyrgyzstan. It is clarified that the monopoly of one type of power plants has its drawbacks. To eliminate them in Kyrgyzstan, it is necessary: to complete the construction of the unfinished CHP-2, operating on natural gas and the Kambar-Ata-2 HPP; to modernize coal-fired CHP-1, converting it to natural gas, in order to simultaneously solve the problems of energy and land reclamation in the Central Asian region, it is necessary to build the Kambar-Ata-1 HPP, to increase the share of electricity generation powered by solar energy (SPP) and wind (WPP) ) up to 15-20%. The implementation of these diversification works ensures the balance in terms of types of power plants and the reliability and safety of the entire electric power system of the Kyrgyz Republic.*

**Түйүн сөздөр:** энергия, электр энергиясы, экинчилик энергия, чордон, жылуулук электр борбору, суу электр чордону, чачырабаган чордон, кун чордону, шамал чордону, Жердин желкабыгы, топтолгон суу, потенци-алдык энергия, атомдук энергия.

**Ключевые слова:** энергия, электроэнергия, вторичная энергия, станция, теплоэлектроцентр, гидроэлектростанция, не выплескивающая станция, солнечная станция, ветряная станция, атмосфера Земли, накопленная вода, потенциальная энергия, атомная энергия.

**Keywords:** energy, electric power, secondary energy, station, thermal power center, hydroelectric power station, non-splash station, solar station, wind station, earth's atmosphere, accumulated water, potential energy, nuclear energy.

### **Актуальность проблемы**

Повседневную жизнь человека, общества и государства невозможно представить без потребления какого-либо вида энергии. Первоисточником всех существующих видов энергии, накопленных природой в течение миллиардов лет, является солнечная энергия. При этом благодаря умственной деятельности человека способы использования энергии непрерывно совершенствовались с целью получения её максимальной эффективности.

Так, в самом начале своего развития человеку была доступна только энергия мышц его тела. Затем человек научился получать и использовать энергию огня. В следующий виток развития человеческого общества появились возможности использования

энергии воды и ветра. Создавались водяные и ветряные мельницы, водяные колеса, парусные суда, использующие силу ветра. В XVIII веке была изобретена паровая машина, в которой тепловая энергия, полученная в результате сжигания угля или древесины, превращалась в энергию вращательного или поступательного механического движения. Затем, в XIX веке, была открыта вольтовая дуга, электрическое освещение, изобретен электродвигатель, а затем и электрогенератор.

Одним из великих открытий человечества является *электричество*, которое в процессе использования не оставляет золу в топке и не выплескивает дым через дымоход. Особенностью электричества является то, что в природе не существует готового вида для прямого потребления. Для потребления электрическая энергия вырабатывается различными способами. То есть электричество – это *вторичная* энергия. Для ее выработки необходимо затратить какое-то количество *первичной* энергии. По видам потребляемой *первичной* энергии электростанции могут быть:

*Техногенные источники:* электростанции, вырабатывающие электроэнергию путем сжигания топлива для нагрева воды до кипения, получения водяного пара и с его помощью вращение турбогенератора (теплоэлектрические центры (ТЭЦ)). При этом в качестве исходного топлива используются дрова, уголь, нефтепродукты, биогаз, природный газ, водород (водородные электростанции пока не нашли широкого применения), энергия термоядерной реакции (атомные электростанции (АЭС)).

*Природные источники:* энергия солнца, ветра и потенциальная энергия накопленной воды. Электростанции данной группы также можно называть станциями, “*не вплескивающими вредные вещества*”. Солнечная энергия используется в двух видах: солнечные электростанции (СЭС), состоящие из солнечных аккумуляторов, собранных из блоков фотоэлементов, где вырабатывается постоянный электрический ток; солнечные теплостанции (СТС), состоящие из коллекторов, наполненных жидким теплоносителем, где накапливается тепло от солнечной

энергии. В ветряных электростанциях (ВЭС) постоянный электрический ток вырабатывается путем вращения винта ветрогенератора с помощью силы ветра. В гидроэлектростанциях (ГЭС) переменный электрический ток вырабатывается путем вращения вала гидрогенератора с помощью потенциальной энергии воды, накопленной в водохранилище ГЭС.

Каждый из видов электростанций наряду с их преимуществами имеет и недостатки, существенно влияющие на энергобезопасность региона или страны в целом. Виды и место строительства электрических станций зависит от экономических, климатических условий, а также от географического и геополитического положения государства. В связи с изменчивостью вышеперечисленных факторов во многих странах мира до сих пор не найдено сбалансированного соотношения по видам электростанций. Такое положение время от времени вызывает энергодефицит в стране, что в свою очередь ведет к остановке промышленных, аграрных перерабатывающих и других предприятий, создает дискомфортные условия в быту граждан страны.

В Кыргызстане имеет место дисбаланс по видам электрических станций, который время от времени вызывает энергодефицит в стране с последующими негативными действиями для ритмичной работы промышленных предприятий, а также создавая дискомфортные условия в повседневной жизни граждан. Поэтому анализ состояния и выявление причин, негативно влияющих на энергобезопасность страны, а также поиск путей их понижения или полного устранения является *актуальнейшей задачей* для Кыргызстана.

В данной статье сделана попытка анализа состояния электровырабатывающих станций по их видам, соотношений видов в общем объеме выработки электроэнергии как в мировом масштабе, так и в пределах Кыргызстана. Уточнены причины, влияющие на энергобезопасность страны, и разработаны и предложены пути

снижения степени их негативного действия или их полного устранения.

### Современное состояние выработки электроэнергии в мире

Энергетика в широком значении – любая область человеческой деятельности, связанная с производством и потреблением энергии. В настоящее время подавляющая часть энергетики обеспечивается потреблением энергии, вырабатываемой при сжигании органического ископаемого топлива (дрова, уголь, нефть и нефтепродукты, природные и сжиженные газы и др.), что в свою очередь приводит к выбросу в атмосферу Земли огромного количества загрязняющих веществ. На рисунке 1 приведено состояние (на 2019 г.) выработки электроэнергии в мире по видам первичной энергии. Видно, что 63% выработанной электроэнергии производится в теплоэлектрических центрах (ТЭЦ), употребляющих в качестве топлива уголь (36%), природный газ (23%) и нефтепродукты (4%) [1]. То есть до настоящего времени в мире преобладают электростанции, выплескивающие вредные вещества в атмосферу Земли.

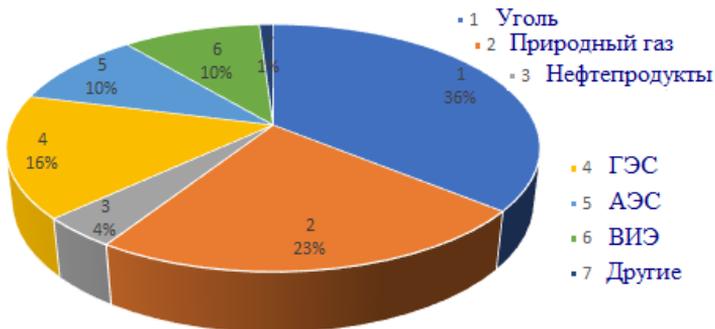


Рисунок 1– Производство электроэнергии в мире по видам первичной энергии (2019 г.) [<https://rener.ru/vie-bez-uchyota-ges-vpervye-oboshli-atomnuyu-energetiku/>]

В развитых странах Евросоюза (ЕС), за исключением Франции, также преобладают электростанции, выплескивающие вредные вещества в атмосферу Земли. В таких электростанциях вырабатывается 50–70% электроэнергии (рисунок 2).

В электроэнергетической системе Германии преобладают теплоэнергетические центры (ТЭЦ). В ТЭЦ вырабатывается 52% электроэнергии, и конкурентными видами электростанций являются: ВЭС–20,4%, АЭС–13,3%, СЭС–8,4%. Эти 4 вида электростанций составляют основу электроэнергетической системы ФРГ. Достаточно высокими темпами развиваются также электростанции, работающие от биогаза, в которых в 2018 г. выработаны 8,3% электроэнергии страны. Существует государственная программа об отказе от АЭС и ТЭЦ и усиление выработки электроэнергии в ВЭС и других видов “невыплескивающих” вредных веществ электростанций.

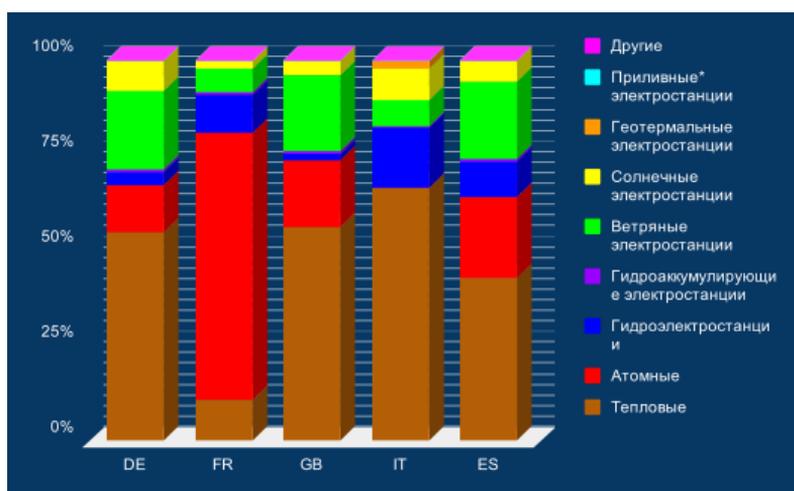


Рисунок 2– Структура производства электроэнергии крупнейшими странами

ЕС по видам первичной энергии за 2019 год [<https://ru.wikipedia.org/wiki/>]

В электроэнергетической системе Франции доминируют АЭС – 70%. Конкурентными видами являются: ТЭЦ–11%, ГЭС–10%. Эти 3 вида станций являются основой электроэнергетической системы страны. Видно, что во Франции имеет место преобладание одного вида электростанций –АЭС.

В Великобритании больше половины электроэнергии вырабатывается ТЭЦ (50,9%). Значительная часть вырабатывается ВЭС (23%), СЭС (12,7%), АЭС (8,8%). Эти 4 вида электростанций составляют основу электроэнергетики страны. В

электроэнергетической системе Великобритании также преобладают ТЭЦ. В электроэнергетической системе Италии доминируют ТЭЦ – 66,4%. Конкурентными являются ГЭС–15,8%, ВЭС–7%, СЭС–8%. Основу электроэнергетической системы Италии составляют эти 4 вида электростанций. Очевидно, что в Италии также преобладает один вид электростанции – ТЭЦ. В электроэнергетической системе Испании в меньшей степени, чем у других развитых стран ЕС, но все же преобладает ТЭЦ– 43%, следующими по значимости являются АЭС–21,4%, ВЭС–20,4% и ГЭС–9%, последние в совокупности вырабатывают 50,8% электроэнергии страны.

Подводя итог, можно заключить, что в передовых странах ЕС (за исключением Франции) имеются государственные программы, направленные на обеспечение страны электроэнергией 3–4 конкурентными видами электровырабатывающих станций. В электроэнергетической системе Франции имеется особенность – доминирование одного вида электростанции – АЭС. Имеется государственная программа по уменьшению доли ТЭЦ в общем объеме выработки электроэнергии до минимально возможного уровня. Такого рода программы также имеются в Германии. В конце 2019 года специальная государственная комиссия Германии по выработке электроэнергии внесло предложение об отказе от ТЭЦ и АЭС до 2038 года, развивая при этом ВЭС и СЭС [2].

### **Соотношение видов электровырабатывающих станций в Кыргызстане**

Нынешнее положение соотношений видов вырабатывающих электроэнергию станций Кыргызстана, унаследованное от СССР, за 30 лет независимости не претерпело значительных изменений и не достигло достаточного развития (рисунок 3).

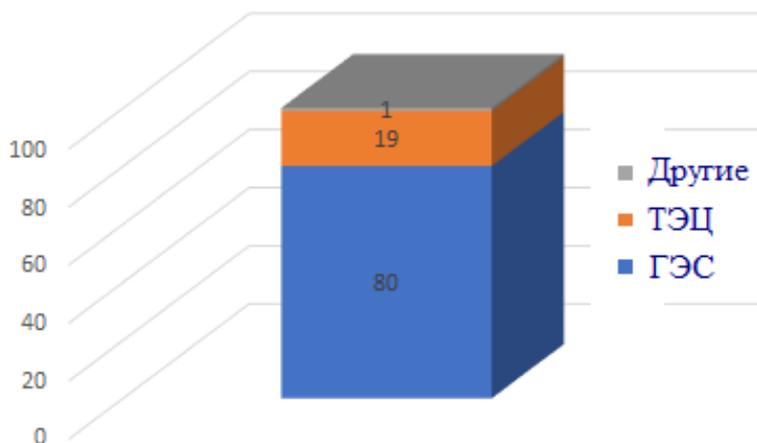


Рисунок 3 – Структура производства электроэнергии в Кыргызстане по видам первичной энергии (на 2019 год)

В Кыргызстане 80% электроэнергии вырабатывается на ГЭС, 19% – на ТЭЦ, расположенных в городах Бишкек и Ош, и только около 1% электроэнергии вырабатывается различными типами электростанций (мини, микро-ГЭС, солнечных батарей ветряных генераторов), работающих в частных секторах [3]. Видно, что в электроэнергетической системе Кыргызстана доминирует один вид электростанций – ГЭС. Причем эти ГЭС привязаны к нижнему течению реки Нарын и размещены в основном на территории Джалал-Абадской области. Такое состояние имеет свои недостатки. В засушливые годы главная ГЭС (Токтогульская) страны не может работать на полную мощность из-за недостаточного уровня воды в её водохранилище. В стране время от времени возникает дефицит электроэнергии в значительном объеме. Появляется необходимость импорта электроэнергии из других стран Центральной Азии.

Следовательно, для обеспечения электроэнергетической безопасности Кыргызстана, в смысле достаточности электроэнергии, необходимо достижение широкого применения других видов электровырабатывающих станций, то есть диверсификация их видов.

## Вредные стороны широкораспространенных видов электростанций

**ТЭЦ.** Независимо от применяемого вида топлива любая ТЭЦ выплёскивает в атмосферу Земли вредные вещества, такие как углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), гидрофторуглерода (ГФУ), перфторуглерода (ПФУ), гексафторид серы ( $\text{SF}_6$ ), большая концентрация которых вызывает парниковый эффект в атмосфере. Из этих вредных веществ самым влиятельным является углекислый газ.

На рисунке 4а приведена динамика изменения концентрации  $\text{CO}_2$  в составе атмосферы Земли по годам. Видно, что до 40-х годов прошлого века концентрация углекислого газа увеличивалась, но темпы ее роста были невысокими. Начиная с 1940 года наблюдается интенсивный рост [4]. Одной из причин такого явления является мировая индустриализация с развитием новых технологий, особенно в таких отраслях, как энергетика и металлургия, предприятия которых интенсивно выплескивали вредные вещества в атмосферу, в том числе и углекислый газ.

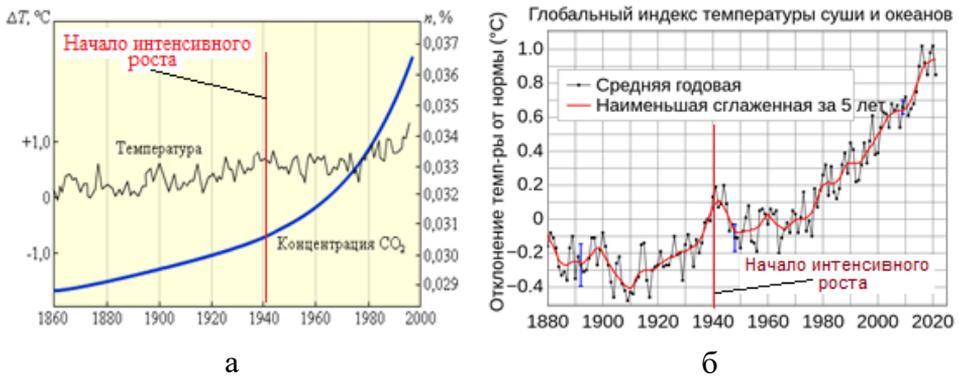


Рисунок 4 – Сравнение характера изменения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли и глобального индекса температуры суши и океанов

<https://onznnews.wdcb.ru/edbrd.html>;  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/BB:Global\\_Temperature\\_Anomaly.svg](https://ru.wikipedia.org/wiki/BB:Global_Temperature_Anomaly.svg)

На рисунке 4б приведен среднегодовой и наименее сглаженный за 5 лет глобальный индекс изменения температуры

Земли. Видно, что интенсивный рост температуры Земли также берет начало с 1940–1945 годов, затем до 1950 года немного падает, после 1960 года интенсивность повышения температуры резко повышается, и такая интенсивность держится до настоящего времени. Причем если сравнивать графики изменения концентрации CO<sub>2</sub> (рисунок 4а) и глобального индекса изменения температуры Земли (рисунок 4б), их характер в достаточно точной степени повторяет друг друга, и наблюдается их синхронность по годам. Это позволяет сделать вывод, что:

- научные гипотезы о глобальном потеплении действительно имеют место быть;
- одной из основных причин этого является увеличение концентрации углекислого газа и других вредных веществ в атмосфере Земли, вызывающих парниковый эффект;
- основными источниками (кроме естественных источников), выделяющих парниковые газы, являются ТЭЦ, работающие на угле и нефтепродуктах в большей степени и природном газе в меньшей степени.

Проблемы глобального потепления обсуждались во многих международных научно-практических конференциях, форумах, симпозиумах, и по их результатам приняты многочисленные документы международного значения. Важнейшими из которых являются Киотский протокол (1997), Парижское соглашение (2015). К сожалению, из-за несовпадения политических, геополитических интересов и взглядов не удастся решить многие проблемы, решение которых предусмотрено в тех документах.

Под действием глобального потепления интенсивно тают полярные льды Антарктики и Арктики, ледники горных вершин, почвы зоны вечной мерзлоты. Эти явления вызывают повышение уровня Мирового океана, затопление значительной части суши, уменьшение площади суши, пригодной для жизнедеятельности, исчезновение ледников, обмеление или высыхание рек.

Для энергосистемы Кыргызстана представляет опасность исчезновение ледников и обмеление рек, особенно реки Нарын, на

которой построен каскад из 7 ГЭС, вырабатывающих 80% электроэнергии страны. Поэтому диверсификация видов электростанций и равномерное распределение объемов вырабатываемой электроэнергии по видам станций являются одним из возможных путей обеспечения безопасности энергосистемы Кыргызстана.

**АЭС.** Современные атомные электростанции хотя и имеют достаточную надежность, но в мировой практике к настоящему времени случилось около 25 случаев аварий или аварийных ситуаций. Два случая из них: Чернобыльский (1986, СССР), Фукусимский (2011, Япония) были оценены по шкале INES МАГАТЕ (Международное агентство по атомной энергии) самой высокой сложности – 7 степени [5]. Негативные последствия этих аварий до настоящего времени не устранены полностью.

Если причиной взрыва 4 блока Чернобыльской АЭС была неисправность непосредственно внутри энергоблока, то на Фукусимской АЭС было нарушение системы аварийного энергообеспечения насосов системы охлаждения энергоблока из-за цунами после землетрясения. Какую бы степень надежности АЭС не обеспечивали, нет гарантии, что в них не случаются поломки, аварии или аварийные ситуации. Самая опасная сторона АЭС – это в случае аварии происходит выброс радиоактивных изотопов, период полураспада которых составляет несколько десятилетий, а у некоторых изотопов (цезий 137) более 100 лет. На такой длительный период времени значительная площадь земли вокруг АЭС останется опасной и непригодной для пользования.

Химические радиоактивные элементы: *уран, торий, плутоний* и др., являющиеся “топливом” АЭС, добываемые в недрах Земли, относятся к исчерпывающим видам топлива. Современные технологии их переработки относятся к “грязным” технологиям, оставляющим за собой ядовитые хвостохранилища и горные отвалы. В Кыргызстане существует 92 таких вредных объекта, крупными из которых являются: Майлуу-Суйское, Кара-Балтинское, Сумсарское, Шакафтарское, Актюзское, Мин-Кушское, Каджи-Сайское

хвостохранилища. Самыми опасными из них являются 14 Майлуу-Суйских хвостохранилищ, расположенных в оползневой зоне. В случае попадания их содержимого в речку Майлуу-Суу пострадает все 15- миллионное население Ферганской долины [6].

АЭС является высокотехнологичным объектом, требующим высокую культуру строительства, эксплуатации и обслуживания. Без подготовки высококвалифицированных специалистов, с четкой культурой эксплуатации и обслуживания, в Кыргызстане нет острой необходимости строительства АЭС.

**ГЭС.** В электроэнергетической системе Кыргызстана в основном работают крупные ГЭС мощностью более 25 МВт. Для таких станций необходимо наличие плотины и водохранилища с большим объемом воды. В классификации ГЭС входят в группу “невыплескивающих вредных веществ”, и считается, что они не приносят экологического вреда. В действительности водохранилища ГЭС вызывают нежелательные геологические, гидрологические, климатические и социальные изменения, а её плотина нарушает установившийся баланс экосистемы. Так, при строительстве Токтогульской ГЭС, сооруженной на реке Нарын, под водой оказались 24 тысячи гектаров плодородной земли, в зоне затопления находилось 4 тысячи домов, кирпичный завод и аэропорт "Токтогул". Кроме этого, переселены 18 тысяч человек в новые, неосвоенные места, а также перезахоронены 10 тысяч останков [7].

Водные ресурсы и основанная на них гидроэнергетика являются прямозависимой отраслью от климатических изменений. Согласно исследованиям ООН [8], если глобальное потепление будет происходить такими темпами, то к 2100 году среднегодовая температура повысится на 4°С выше нормы. Такое положение может вызвать уменьшение выпадения атмосферных осадков до 6 мм, а это в свою очередь может привести к обмелению рек и появлению опасности остановки работ ГЭС.

Для основной в Кыргызстане ГЭС – Токтогульской, уровень воды в водохранилище ниже 9 млрд кубометров считается началом

нижнего критического объема, а если уровень снизится до 6 млрд кубометров, то уже невозможно будет вырабатывать электроэнергию. На рисунке 5а приведен график динамики опускания объема воды ближе к нижнему критическому объему за последние 13 лет [9]. Видно, что в рассматриваемый период времени объем воды четырежды опускался ближе к нижней критической отметке. Самый низкий уровень отмечался в мае 2009 года (6,7 млрд м<sup>3</sup>). Предполагается, что к маю текущего 2022 года уровень может опуститься до 7,5 млрд м<sup>3</sup>. Следы уменьшения объема воды за 2022 год видны на рисунке 5б.



Рисунок 5 – Динамика изменения объема воды в водохранилище Токтогульской ГЭС: а – динамика приближения к нижней критической отметке, б – следы опускания уровня воды

Кыргызстан – горная страна. Поэтому считается перспективным строительство **средних** (до 25 МВт) и **малых** (до 5 МВт) ГЭС на многочисленных малых речках. Но их строительство незначительно влияет на электроэнергетическую безопасность страны, так как в засушливые годы в этих малых речках также будет чувствоваться дефицит воды. Такие ГЭС выгодны для сел, расположенных вдоль горных речек, вдали от системы большой энергетики.

**Зеленая энергия** (ядоневыплёскивающая энергия). *Солнечная* и *ветряная* энергия – как первичная энергия для выработки электрической энергии кажется бесплатным, неиссякаемым и дешевым источником. Кроме этого, стоимость 1

кВт\*часа электроэнергии, вырабатываемой в них из года в год, уменьшается. Несмотря на преимущества, электростанции такого типа не находят широкого применения из-за ряда ограничивающих факторов [2]. Таких факторов много, но 4 из них являются определяющими:

- дороговизна основных элементов (солнечных фотопанелей и ветрогенераторов);
- недостаточные показатели EROEI (energy returned on energy invested);
- отведение значительной площади земли для установки фотопанелей и проблемы утилизации их после окончания срока работы [10];
- непостоянство мощности во времени и остановка в неветряную погоду, а также угроза для перелетных птиц и летучих мышей. [11, 12].

Несмотря на эти недостатки, в решении задачи диверсификации видов электростанций в Кыргызстане необходимо найти пути расширения внедрения солнечных и ветряных электростанций. При этом обязательно использовать достижения передовых стран в данной области.

### **Рекомендуемые пути диверсификации типов электростанций в Кыргызстане**

В развитых странах мира наблюдается тенденция равномерного распределения объема вырабатываемой электроэнергии между следующими 4 видами электростанций: *теплоэлектрических, гидроэлектрических, атомных* и *“зеленых” (солнечных и ветряных)* в различном сочетании, в зависимости от географического расположения и других условий страны. Причем “зеленые” виды электростанций развиваются быстрыми темпами. Считаются перспективными также ТЭЦ, работающие на природном газе или водородном топливе, АЭС, работающие на управляемой термоядерной реакции, геотермальные станции, ГЭС, работающие за счет морских и океанических волн. Но эти виды электростанций пока

не доведены до достаточного уровня практического применения. Учитывая эти тенденции, диверсификацию видов электростанций в Кыргызстане предлагается выполнять в следующей последовательности:

1. Необходимо достроить и повторно ввести в эксплуатацию Бишкекскую ТЭЦ-2, работающую на природном газе. Строительство ТЭЦ-2 было начато в 1986 году и фактически завершено. В начале 1990 года объект запускался в тестовом режиме, однако на полную мощность он так и не заработал. Теплоэлектроцентраль проработала три месяца, а затем была остановлена, частично ограблена, и на части её территории построены частные жилые дома. Проектная мощность данной теплоэлектроцентрали, работающей на природном газе, составляет 300 МВт. С вводом ТЭЦ-2 в эксплуатацию долю ТЭЦ в энерговыработке Кыргызстана можно поднять с 19 до 30%.
2. С целью улучшения экологических показателей города Бишкек, некогда являющегося самым чистым и зеленым городом СССР, а ныне представляющим одним из загрязненных городов мира [13], необходимо также и ТЭЦ-1 перевести на природный газ. Часть тепла, вырабатываемого на ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, работающих от природного газа, необходимо использовать для системы центрального теплоснабжения новых поселений (микрорайонов) города с частными домами.
3. В ближайшей перспективе необходимо достроить оставшуюся часть ГЭС «Камбар-Ата-2» и заново построить ГЭС «Камбар-Ата-1». При этом решаются 2 задачи:
  - вопрос сбалансирования энергетических и ирригационных проблем с соседними странами Центральной Азии;
  - экспорт электроэнергии в Афганистан и Пакистан по ценам международного стандарта согласно проекту CASA-1000.
4. Естественно, необходимо расширять использование электрической энергии, вырабатываемой от энергии *солнца* и *ветра*, с освоением мировых передовых технологий в данной

отрасли. При освоении энергии солнца и ветра обратить особое внимание на значение показателя EROEI (energy returned on energy invested) – отношение объема выработанной электроэнергии к объему затраченной энергии для получения такого объема электроэнергии (***EROEI = выработанный объем электроэнергии / затраченный объем энергии***)

В отличие от расчетов, учитывающих теоретической КПД и непрерывно изменяющиеся цены 1 кВт\*часа электроэнергии, EROEI позволит определить, какой вид источника электроэнергии перспективен для конкретных условий. Например, значение EROEI 40:1 означает, что, используя 1 кВт\*час какого-то типа первичной энергии, можно получить 40 кВт\*час электрической энергии. Показатели EROEI по одному и тому виду первичной энергии в разных странах могут быть различными. Из-за отсутствия данных по показателям EROEI по Кыргызстану в качестве примера в таблице 1 приведены значения EROEI для условий США.

Таблица 1

| EROEI (для США) | Вид первичной энергии для выработки электроэнергии |
|-----------------|--|
| 100:1           | Потенциальная энергия накопленной воды (ГЭС)       |
| 80:1            | ТЭЦ, работающая на угле                            |
| 34:1            | Солнечная энергия (фотоэлектрические плитки, СЭС)  |
| 18:1            | Энергия ветра (ВЭС)                                |
| 10:1            | Природный газ (ТЭЦ)                                |
| 1,9:1           | Солнечный коллектор (плоские теплоаккумуляторы)    |

С теоретической точки зрения, чтобы считать тот или другой способ получения электроэнергии пригодным, значения его должны быть больше единицы ( $EROEI > 1:1$ ). Если  $EROEI < 1$ , то получаемая электроэнергия становится излишне энергосъедающей, которую называют “*электроэнергия каннибал*”. С точки зрения практики только в случае  $EROEI > 4:1$  способ получения электроэнергии считается прибылеприносящим. В противном случае

( $1:1 < \text{EROEI} < 4:1$ ) способ получения электроэнергии становится дотационным.

Естественно, любое государство стремится к применению источника выработки электроэнергии с максимальным значением EROEI. Но показатель EROEI не стабилен, имеет свойство изменяться в зависимости от условий и цены на топливо (первичной энергии) и технологии его переработки, стоимости применяемого оборудования и др. Например, в начале XX века, когда месторождения нефти находились в легкодоступных регионах и ближе к поверхности земли, бывали случаи, когда EROEI нефтедобычи имел фантастическое соотношение 1200:1. В нынешних условиях, когда нефтедобыча в основном осуществляется в труднодоступных регионах, глубоко под землей, среднемировое соотношение EROEI составляет лишь 5:1 и имеет тенденцию к падению [2]. Среднемировые показатели EROEI угля в настоящее время составляют значительно высокое соотношение – от 30:1 до 75:1 [2]. Поэтому такие перспективные виды, как солнечные и ветряные электростанции, до сих пор не могут составить достойную конкуренцию с ТЭЦ, работающую на угле.

### **Перспективность концепции распределенной энергетики**

В настоящее время в мировой практике широко распространяется перспективная концепция “*распределенная энергетика*”. Основной идеей этой концепции являются установка на местах потребления маломощных (3–100 кВт) электростанций, работающих от “зеленой” первичной энергии (солнца, ветра, потенциальная энергия накопленной воды и др.) для обеспечения местных потреблений, а излишки передавать в качестве дополнения или продавать в систему “*большой энергетике*”. Вся эта система объединяется в единый цифровизированный узел, через который осуществляется учет, управление, контроль и регулирование энергопотребления.

В инфраструктуре Кыргызстана, по сравнению с другими отраслями, *электроэнергетика* – основанная на ГЭС, развита на

достаточно высоком уровне. Но она время от времени, в засушливые годы, нуждается в дополнительной поддержке других видов электровырабатывающих станций. Применение концептуальной схемы “распределенная энергетика” и может служить ключом в решении данной проблемы. Для этого необходимо:

- на местах построить солнечные электростанции, состоящие из многочисленных фотоэлектрических плит, объединенных в единую систему. Чтобы не занимать отдельные земельные участки, фотоэлектрические плиты необходимо устанавливать на южных стенах, склонах крыш жилых домов, социальных и промышленных зданий, заборов и других сооружений;
- в ветряных местах устанавливать ветроэлектростанции, состоящие из нескольких ветрогенераторов, установленных на опорах значительной высоты и объединенных в единую систему для управления, контроля, учета и распределения вырабатываемой электроэнергии;
- разработать схемы соединения электровырабатывающих солнечных плит и ветрогенераторов с возможностью обмена информацией для управления и передачи выработанной электроэнергии в систему “большой энергетики”, а также обратного получения в необходимых случаях.

Выполнение вышеперечисленных работ создает условия для *просьюмерской* деятельности. То есть для реализации (продажи или обмена) излишка выработанной электрической энергии с предприятиями системы «большой энергетики» на взаимовыгодных условиях. В мировой практике применения налаженной системы «распределенной энергетики» спорные вопросы взаимоотношения решаются на основе законов о просьюмерстве каждой страны [10]. Следовательно, необходимо разработать и принять закон Кыргызской Республики о просьюмерстве.

На начальных стадиях освоения концепции «распределенной энергетики» необходимо покупать солнечные (фотоэлектрические плитки), ветряные (ветрогенераторы) элементы у передовых фирм и

в договоре с ними предусмотреть вопросы освоения серийного выпуска этих элементов в Кыргызстане.

Для обеспечения разумного баланса между видами вырабатывающих электростанций необходимо до 2030 года достигнуть объемов электроэнергии, вырабатываемых на «зеленых» (солнечных и ветряных) электростанциях, до 15–20%. Необходимо создать цифровизированную систему энерговыработки и энергопользования, обеспечивающую возможности получения точного учета вырабатываемой как в “*большой*”, так и в “*распределенной*” энергетике; эффективного распределения электроэнергии между потребителями; управления вопросов перераспределения электроэнергии в зависимости от изменяющихся условий. Технические, математические, алгоритмические и программные комплексы такой системы используются для выполнения следующих работ:

- отслеживание распределения мощностей в часы пик;
- увеличение точности учета энергопотребления;
- получение точных данных энергопотребления в зависимости от времени суток;
- контроль показателей измерительных приборов в сети;
- составление графика энергопотребления в зависимости от времени суток и их распределение между объектами согласно данному графику;
- накопление информации многолетней статистики энергопотребления и внесение их в базу данных;
- регулирование вопросов просьюмерской деятельности путем автоматического получения точных данных об излишках электроэнергии, вырабатываемой на местных электростанциях, передачи их в систему “*большой энергетике*”, а также обеспечение обратного возврата в необходимых случаях.

### **Заключение**

Уточнено, что основной причиной понижения уровня электроэнергетической безопасности Кыргызстана является монополия одного вида электростанций – гидроэлектрических (ГЭС). 80% от общего объема электроэнергии вырабатывается в каскаде Токтогульских ГЭС, привязанных к реке Нарын. В засушливые и последующие годы в Токтогульском водохранилище не представляется возможным накопление достаточного объема воды. В стране возникает дефицит электроэнергии, вызывающий цепочку негативных воздействий на различные отрасли хозяйственной деятельности, а также на бытовые удобства граждан.

Установлено, для повышения уровня электроэнергетической безопасности страны необходима диверсификация видов станций, вырабатывающих электрическую энергию.

Уточнены и внесены предложения по осуществлению диверсификации видов электрических станций с целью повышения уровня безопасности энергообеспечения Кыргызстана:

- достроить и повторно ввести в эксплуатацию Бишкекскую ТЭЦ-2, работающую на природном газе. ТЭЦ-1, работающую на угле, перевести на природный газ;
- достроить оставшуюся часть ГЭС “Камбар-Ата-2” и заново построить ГЭС “Камбар-Ата-1”, что в свою очередь позволит окончательно решить вопросы сбалансирования энергетических и ирригационных проблем с соседними странами Центральной Азии, а также экспорта электроэнергии в Афганистан и Пакистан по ценам международного стандарта согласно проекту CASA-1000;
- расширить использование электрической энергии, вырабатываемой от энергии солнца и ветра, доведя уровень до 15–20% к 2030 году. Развивать данные работы в рамках концепции “распределенная энергетика” с освоением мировых передовых технологий и достижений в данной отрасли;

- создать цифровизированную систему энерговыработки и энергопользования, обеспечивающую возможности получения точного учета вырабатываемой как в “большой”, так и в “распределенной” энергетике; эффективного распределения электроэнергии между потребителями; управления вопросами перераспределения электроэнергии в зависимости от изменяющихся условий.

### Литература

1. Прогноз развития электроэнергетики мира и России до 2040 года/ИНЭИ РАН – АЦ при Правительстве Российской Федерации / <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>.
2. Почему у «зелёной» энергетике сложное будущее? <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/481764/>.
3. ПРОЕКТ ООН. Национальный план действий по устойчивой энергетике Кыргызской Республики. – Бишкек, 2019. – С.68. [https://unece.org/fileadmin/DAM/project-monitoring/unda/16\\_17X/E2\\_A2.3/NSEAP\\_Kyrgyzstan\\_RUS.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/project-monitoring/unda/16_17X/E2_A2.3/NSEAP_Kyrgyzstan_RUS.pdf)
4. Концентрации парниковых газов в атмосфере достигают очередного беспрецедентно высокого уровня. – 2019. <https://public.wmo.int/ru/media>.
5. Самые крупные аварии в истории атомной энергетики./ <https://www.rbc.ru/photoreport/09/02/2017/589c6fda9a79471bb97c44fa>.
6. Радиационный Кыргызстан. Где находится урановое наследие страны? [https://24.kg/obschestvo/116749\\_radiatsionnyiy\\_kyrgyzstan\\_gde\\_nahoditsya\\_uranovoe\\_nasledie\\_stranyi](https://24.kg/obschestvo/116749_radiatsionnyiy_kyrgyzstan_gde_nahoditsya_uranovoe_nasledie_stranyi).
7. Как строили гордость нашей энергетике — Токтогульскую ГЭС. Архивные кадры. <https://ru.sputnik.kg/20191222/kyrgyzstan-toktogulskaya-gehs-stroitelstvo-video-arhiv1046575053.html>.
8. Климатический профиль Кыргызской Республики./Ильясов Ш., Забенко О., Гайдамак Н., Кириленко А., Мырсалиев Н., Шевченко В., Пенкина Л. – Бишкек, 2013 – 99 с./

- [http://climatechange.kg/wp-content/uploads/2014/12/Klimaticheskij-profil-KR\\_2014.pdf](http://climatechange.kg/wp-content/uploads/2014/12/Klimaticheskij-profil-KR_2014.pdf).
9. Специальный доклад МГЭИК по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата/ Межправительственная группа экспертов по изменению климата. – 2011 г. [www.cambridge.org](http://www.cambridge.org), [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
  10. Утилизация солнечных модулей (панелей). Проблемы, регулирование, практика. <https://renew.ru/pv-recycling-problems-regulation-practice/>.
  11. Ветроэнергетика и ветроэнергетические установки (Россия и мир) / <https://www.tadviser.ru/index.php>.
  12. Ветропарки: защита климата в ущерб живой природе? <https://www.dw.com/ru/a-50143198>.
  13. Аширалиев А., Кокумбаева К.А., Ташиев З.К. Теплогенератор с компактной паровой камерой и эффективным теплообменником – путь к энергоэффективности. /Вестник Казанского государственного энергетического университета. – Т. 13.– №1 (49). – Казань, 2021. – С. 107–117.

## АВТОРЛОР ТУУРАЛУУ МААЛЫМАТТАР

**Абдраимов Эмиль Самудинович** – УИА Машина таануу жана автоматика институтунун «Машина жана механизмдер назарияты» лабораториясынын башчысы, т. и. д., профессор. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. E-mail: engineer2013@inbox.ru.

**Абсамат кызы Гулиза** – М. М. Адышев атындагы Ош технологиялык университетинин аспиранты.  
E-mail: guliza.absamatova@mail.ru.

**Абсаматов Эрмамат Нурмаматович** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун улук илимий кызматкери. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. E-mail: ermamat@rambler.ru.

**Айнабекова Айнар Алмановна** – И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин Машина куруу кафедрасынын улук окутуучусу. КР, Бишкек, Каменный проспект 2. Тел.: + (996 312) 54-51-47, e-mail: aa\_ainura@mail.ru.

**Анохин Анатолий Васильевич** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун «Бургулоочу машиналар» лабораториясынын башчысы, техника илимдеринин кандидаты, улук илимий кызматкери. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. Тел.: +(996 312) 56-84-04, e-mail: anochin\_anatoli@mail.ru.

**Аширалиев Абдиумаматкадыр** – Б. Осмонов атындагы Жалал-Абад мамлекеттик университетинин «Электр энергетикасы жана механика» кафедрасынын профессору, техника илимдеринин доктору. КР, Жалал-Абад, ш., Жеңижок к. 1/23. Тел.: 0770 345 225, 0550 977 500, e-mail: mamat\_a@mail.ru.

**Васильев Валентин Борисович** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун «Бургулоочу машиналар» лабораториясынын жетекчи илимий кызматкери, техника илимдеринин кандидаты. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. Тел.: +(996 312) 56-84-04, e-mail: VasVal@mail.ru.

**Дыйканбаева Урпия Маматкадыровна** – И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин

Машина куруу кафедрасынын улук окутуучусу. КР, Бишкек, Ахунбаев к. 175 а. Тел.: + (996 312) 54-51-47, e-mail: ugr1a71@mail.ru.

**Исманов Медербек Марипжанович** – Кыргыз Өзбек эл аралык университетинин илим боюнча проректору, т. и. д.. E-mail: ismanov1970@mail.ru.

**Квитко Светлана Ильинична** – КР УИА Машина куруу жана автоматика институтунун улук илимий кызматкери, техника илимдеринин кандидаты. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. Тел.: +(996 312) 54-11-49, e-mail: kvitko\_si@rambler.ru.

**Көкүмбаева Күлүмкан Асановна** – Б. Осмонов атындагы Жалал-Абад мамлекеттик университетинин «Электр энергетикасы жана механика» кафедрасынын башчысы, техника илимдеринин кандидаты, доцент. КР, Жалал-Абад ш., Р. Азимов к., 64/9. Тел.: 0770 344 455, 0508 344 455, e-mail: ms.kulumkan@mail.ru.

**Курганова Дарина Махмутовна** – И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин машина куруу факультетинин магистранты. КР, Бишкек ш., 7 мк., 25, кв. 79. Тел.: +(996 312) 54-51-47, e-mail: darina220699@gmail.com.

**Кынатбекова Нуржамал Нуржановна** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун «Таш казып алуучу комплекстер» лабораториясынын кенже илимий кызматкери. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. E-mail: nkn\_94kg@mail.ru.

**Муслимов Аннас Поясович** – Б. Н. Ельцина атындагы Кыргыз-Орус Славян университетинин «Приборлор куруу» кафедрасынын профессору, техника илимдеринин доктору. КР, Бишкек, пр. Чүй, 6. Тел.: +(996 312) 36-02-27.

**Пакирдинов Рустам Рахматуллаевич** – М. М. Адышев атындагы Ош технологиялык университетинин кафедра башчысы, т. и. к., доцент. E-mail: rustam.pakirdinov@mail.ru.

**Рагрин Николай Алексеевич** – Б. Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университетинин «Приборлор куруу» кафедрасынын башчысы, т. и. д., профессор. КР, Бишкек ш., Көк Жар кичи району, 9, 12-кв. E-mail: n\_ragrin@mail.ru.

**Султаналиев Бактыбек Сабырбекович** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун директору, т. и. д., профессор КР, 720055, Бишкек ш., Скрябин к., 23. E-mail: imash\_kg@mail.ru.

**Ураимов Мамасабыр** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун «Күч сокку системалар» лабораториясынын башчысы, т. и. д., профессор. КР, 720055, Бишкек ш., Скрябин к., 23. Тел.: +(996 312) 54-11-40, e-mail: uraimov47@yandex.ru.

**Эликбаев Канатбек Токтобаевич** – КР УИА Машина таануу жана автоматика институтунун «Таш казып алуучу комплекстер» лабораториясынын башчысы, техника илимдеринин кандидаты. КР, 720055, Бишкек ш., Скрябин к., 23. Тел.: +(996 312) 54-97-51, e-mail: kdk\_318@mail.ru.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Абдраимов Эмиль Самудинович** – зав. лабораторией «Теория механизмов и машин» Института машиноведения и автоматики НАН КР, доктор технических наук, профессор. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23. E-mail: engineer2013@inbox.ru.

**Абсамат кызы Гулиза** – Аспирант Ошского технологического университета им. М. М. Адышева. E-mail: guliza.absamatova@mail.ru.

**Абсаматов Эрмамат Нурмаматович** – старший научный сотрудник Института машиноведения и автоматики НАН КР. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23. Тел.: + (996-312) 64-26-86, e-mail: ermamat@rambler.ru.

**Айнабекова Айнар Алмановна** – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. КР, г. Бишкек, переулок Каменный, 2. Тел.: +(996 312) 54-51-47, e-mail: aa\_ainura@mail.ru.

**Анохин Анатолий Васильевич** – заведующий лабораторией «Бурильные машины» Института машиноведения и автоматики НАН КР, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина 23. Тел.: +(996 312) 56-84-04, e-mail: anochin\_anatoli@mail.ru.

**Аширалиев Абдиумаматкадыр** – профессор кафедры «Электроэнергетики и механики» Жалал-Абадского государственного университета имени Б. Осмонова, доктор технических наук. КР, г. Жалал-Абад, ул. Жеңижок, 1/23. Тел.: 0770 345 225, 0550 977 500, e-mail: mamat\_a@mail.ru.

**Васильев Валентин Борисович** – ведущий научный сотрудник лаборатории «Бурильные машины» Института машиноведения и автоматики НАН КР, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23. Тел.: +(996 312) 56-84-04, e-mail: VasVal@mail.ru.

**Дыйканбаева Урпия Маматкадыровна** – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. КР,

г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 175а. Тел.: +(996 312) 54-51-47, e-mail: ugrpa71@mail.ru.

**Исманов Медербек Марипжанович** – проректор по науке Кыргызско-Узбекского международного университета, доктор технических наук. E-mail: ismanov1970@mail.ru.

**Квитко Светлана Ильинична** – старший научный сотрудник Института машиноведения и автоматики НАН КР, кандидат технических наук. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрыбина, 23. Тел.: +(996 312) 54-11-49, e-mail: kvitko\_si@rambler.ru.

**Кокумбаева Кулумкан Асановна** – зав. кафедрой «Электроэнергетики и механики» Жалал-Абадского государственного университета имени Б. Осмонова, кандидат технических наук, доцент. КР, г. Жалал-Абад, Р. Азимова, д. 64, кв. 9. Тел.: 0770 344455, 0508 344455, e-mail: ms.kulumkan@mail.ru.

**Курганова Дарина Махмутовна** – магистрант кафедры «Технология машиностроения» Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова. КР, г. Бишкек, 7 мк., д. 25, кв. 79. Тел.: +(996 312) 54-51-47, e-mail: darina220699@gmail.com.

**Кынатбекова Нуржамал Нуржановна** – младший научный сотрудник лаборатории «Камнедобывающих комплексов» Института машиноведения и автоматики НАН КР. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрыбина, 23. E-mail: nkn\_94kg@mail.ru.

**Муслимов Аннас Поясович** – профессор кафедры «Приборостроение» Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б. Н. Ельцина, д. т. н., профессор. КР, г. Бишкек, просп. Чуй, 6. Тел.: +(996 312) 36-02-27.

**Пакирдинов Рустам Рахматуллаевич** – зав. кафедрой Ошского технологического университета им. М. М. Адышева, кандидат технических наук, доцент. E-mail: rustam.pakirdinov@mail.ru.

**Рагрин Николай Алексеевич** – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Приборостроение» Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б. Н. Ельцина. Домашний адрес: КР, г. Бишкек, микрорайон «Кок-Жар», д. 9, кв. 12. E-mail: n\_ragrin@mail.ru.

**Султаналиев Бактыбек Сабырбекович** – директор Института машиноведения и автоматики НАН КР, д.т.н., профессор. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрыбина, 23. E-mail: imash\_kg@mail.ru.

**Ураимов Мамасабыр** – заведующий лабораторией «Силовых импульсных систем» Института машиноведения и автоматики НАН КР, доктор технических наук, профессор. КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрыбина, 23. Тел.+(996 312)-54-11-40, e-mail: uraimov47@yandex.ru.

**Эликбаев Канатбек Токтобаевич** – заведующий лабораторией «Камнедобывающих комплексов» Института машиноведения и автоматики НАН КР, кандидат технических наук. КР, 720055, Бишкек ш., Скрыбин к., 23. Тел.: +(996 312) 54-97-51, e-mail: kdk\_318@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Abdraimov Emil Samudinovich** – Senior Researcher of Machinery researching and Automatics Institute of Kyrgyz Republic National Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: engineer2013@inbox.ru.

**Absamat kzy Guliza** – Postgraduate student of Osh Technological University named after M. M. Adysheva. E-mail: guliza.absamatova@mail.ru.

**Absamatov Ermamat Nurmatovich** – Senior Researcher, Institute of Machinery researching and Automatics, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic Bishkek. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. Tel.: +(996-312) 64-26-86, e-mail: ermamat@rambler.ru.

**Ainabekova Ainar Almanovna** – Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakova. KR, 720055, Bishkek city, Kamenny lane 2. Tel.: + (996 312) 54-51-47, e-mail: aa\_ainura@mail.ru.

**Anokhin Anatoly Vasilievich** – Head of Laboratory of the Institute of Mechanical Engineering and Automation, drilling machines of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, PhD, senior researcher. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. Tel.: +(996 312) 56-84-04, e-mail: anochin\_anatoli@mail.ru.

**Ashiraliev Abdiumamatkadyr** – Professor of the Department of Electrical Power Enginee-ring and Mechanics, Jalal-Abad State University named after B. Osmonov, Doctor of Technical Sciences. KR, Jalal-Abad, st. Jengijok 1/23. Tel. 0770 345 225, 0550 977 500, e-mail: amat\_a@mail.ru.

**Dyikanbaeva Urpiya Mamatkadyrovna** – Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakova. KR, Bishkek city, Kamenny lane 2. Tel.: + (996 312) 54-51-47, e-mail: urpia71@mail.ru.

**Elikbayev Kanatbek Toktobaevich** – Head of the Laboratory of Stone Mining Complexes of the Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,

Candidate of Technical Sciences. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. Tel.: + (996 312) 54-97-51, e-mail: kdk\_318@mail.ru.

**Ismanov Mederbek Maripzhanovich** – Vice-Rector for Science of the Kyrgyz-Uzbek International University. Doctor of Technical Sciences. E-mail: ismanov1970@mail.ru.

**Kokumbaeva Kulumkan Asanovna** – head of department of Electrical Power Engineering and Mechanics, Jalal-Abad State University named after B. Osmonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. KR, Jalal-Abad city, R. Azimova, d.64, ap. 9. Tel.: 0770 344455, 0508 344455, e-mail: ms.kulumkan@mail.ru.

**Kurganova Darina Makhmutovna** - Master's student of the Department of Mechanical Engineering of the Kyrgyz State Technical University I. Razzakova. KR, Bishkek, 7 mk., 25, apt. 79. Tel.: + (996 312) 54-51-47, e-mail: darina220699@gmail.com.

**Kvitko Svetlana Ilyinichna** – Researcher of the Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. Tel.: +(996 312) 54-11-49, e-mail: kvitko\_si@rambler.ru.

**Kynatbekova Nurzhamal Nurzhanovna** – Junior researcher at the Laboratory of Stone Mining Complexes of the Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. E-mail: nkn\_94kg@mail.ru.

**Muslimov Annas Poyasovich** – Professor of the Department of Instrumentation of the Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsina, Doctor of Technical Sciences, Professor. KR, Bishkek city, ave. Chui, 6. Tel.: +(996 312) 36-02-27.

**Pakirdinov Rustam Rakhmatullaevich** – Head of the Department of Osh Technological University named after M. M. Adysheva candidate of technical sciences. E-mail: rustam.pakirdinov@mail.ru.

**Ragrin Nikolay Alekseevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Instrument Engineering, Kyrgyz-

Russian Slavic University named after B. N. Yeltsin. Home address: KR, Bishkek, Kok Zhar microdistrict, 9, apt. 12. E-mail: n\_ragrin@mail.ru.

**Sultanaliyev Bakytbek Sabyrbekovich** – Director of the Machinery researching and Automatics Institute of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, doctor of technical sciences, professor, senior scientist. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. E-mail: imash\_kg@mail.ru.

**Uraimov Mamasabyr** – Head of the Laboratory of machinery researching institute of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Doctor of Technical Sciences, Professor. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. Tel.: + (996 312)-54-11-40, e-mail: uraimov47@yandex.ru.

**Vasiliev Valentin Borisovich** – leading researcher of the laboratory of "Drilling machinery" of the Institute of engineering and automatics NAS KR, doctor of technical Sciences, senior researcher. KR, 720055, Bishkek city, Scriabin st., 23. Tel: +(996 312) 56-84-04, e-mail: BacBal@mail.ru.

## ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «МАШИНОВЕДЕНИЕ»

Уважаемые коллеги! Обращаем ваше внимание: редколлегия сборника оставляет за собой право не включать в сборник статьи, не соответствующие требованиям (в том числе к объёму текста, к оформлению таблиц и иллюстраций).

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Язык публикации статьи               | Русский, кыргызский, английский  |
| Общий объем статьи                   | Объем статьи – до 20 000 знаков с пробелами.<br>При этом объем статьи в листах <b>A4</b> : от 5 до 8 страниц вместе с аннотацией.<br>Оформление:<br>шрифт – Times New Roman, размер шрифта <b>12 кегль</b> , обычный интервал между буквами;<br>поля – 2 см со всех сторон; выравнивание текста – по ширине; автоматическая расстановка переносов;<br>все латинские и греческие буквы в тексте, формулах (кроме индексов) и таблицах – курсив;<br>цифры, скобки, функции — прямые. |
| УДК                                  | Перед заглавием статьи проставляется код УДК в верхнем левом углу первой страницы  |
| Название статьи                      | Приводится <b>на кыргызском, русском и английском языках</b> .<br>Название статьи должно быть набрано <b>строчными</b> буквами, <b>14 кегль</b> , полужирным шрифтом по левому краю.<br><b>Обратите внимание, что в конце заголовка точка не ставится!</b>   |
| Авторы.<br>Межстрочный интервал 1    | Приводится на <b>русском и английском языках</b> .<br>После названия научной статьи указывается: ФИО каждого автора: - сначала указываются инициалы, после них – фамилия, например: <b>И.И. Иванов</b> .<br>Шрифт – курсив, выравнивание слева.  |
| Аннотация.<br>Межстрочный интервал 1 | Приводится на <b>кыргызском, русском и английском языках</b> .<br>По требованию НАК КР – не менее 100 слов.  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Текст <i>не должен</i> быть разделен на абзацы. В аннотации не допускается цитирование. Аббревиатуры должны быть расшифрованы. Шрифт – обычный, размер шрифта – <b>11 пт.</b> Межстрочный интервал – 1<br/> Форматирование выравниванием по ширине страницы.</p>  |
| Ключевые слова   | <p>Приводятся на <i>кыргызском, русском и английском языках.</i><br/> Ключевые слова (5 – 8 слов) или словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой. Шрифт – обычный, размер шрифта – <b>11 пт.</b> Межстрочный интервал – 1</p>  |
| Требования к содержанию статьи и ее оформлению.<br><i>Межстрочный интервал 1,2</i> | <p>После ключевых слов нужно представить текст самой статьи.<br/> Текст может разбиваться на подглавы или придерживаться следующей логической структуры при написании: введение, методика, основная часть, выводы, литература.<br/> Статья оформляется только в текстовом редакторе Microsoft Office.<br/> Размер шрифта и интервал между строками должен быть одинаковым по всему тексту.<br/> Абзацы («красная строка») – 1,25 см, должны выставляться автоматически, а не с помощью клавиши “пробел”. Наличие двойных или тройных пробелов не допустимо.<br/> При первом употреблении аббревиатур обязательно указывать их расшифровку.<br/> В рукописи должны применяться единицы Международной системы.</p> |
| Требования к таблицам, рисункам и формулам.<br><i>Межстрочный интервал 1</i>       | <p><b>Таблицы</b> в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word (не отсканированные и не в виде рисунка).<br/> Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на нее.<br/> Название таблицы приводится <i>над таблицей слева</i> с выравниванием по ширине.<br/> <i>Например:</i><br/> Таблица 1 – Параметры режима резания<br/> Текст в таблицах - интервал одинарный, шрифт Times New Roman, размер шрифта <b>11 пт.</b>,</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Все составляющие формул должны быть оформлены в макросе «Math Type» (программа Word).</p> <p><b>Рисунки</b> должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Каждый рисунок снабжается надписью и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на него.</p> <p>Форматирование названия и номера рисунка – шрифт обычный, Times New Roman, <b>размер -11 пт, выравнивание по центру</b>, интервал – одинарный.</p> <p><i>Например:</i></p> <p>Рисунок 1 – Зависимость твердости обработанной поверхности<br/>от скорости резания</p> <p>Графические рисунки должны быть хорошего качества. Если есть надписи, то текст должен отображаться четко.</p> <p>Фотографии должны быть с разрешением минимум 300 dpi (предпочтительно 1200 dpi.).</p> <p>Формат рисунков и фотографий – Gif, Jpeg.</p> <p>Количество рисунков - не более 3-х, формул – не более 10 (если формул больше, то стоимость публикации увеличится). Количество таблиц не ограничено.</p> <p><b>Обратите внимание, что в конце названия таблицы и рисунка точка не ставится!</b></p> |
| <p>Нумерация страниц и колонтитулы</p>   | <p>Не используйте колонтитулы. Нумерация страниц производится внизу справа, начиная с 1-ой страницы.</p>  |
| <p>Требования к источникам, используемым в статье.<br/>Оформление ссылок и списка литературы</p> | <p>При заимствовании материала из других источников ссылка на эти источники обязательна. Ссылки в тексте оформляются квадратными скобками.</p> <p>Источники указываются в порядке цитирования в тексте.</p> <p>На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.</p> <p>Список литературы оформляется по ГОСТ 7.05-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.</p>   |
| <p>Сведения об авторе(ах)</p>  | <p>Приводится на <b>кыргызском, русском и английском языках.</b></p> <p>Рукопись должна быть подписана авторами с указанием</p>   |

|                    |  |
|--------------------|--|
|                    | <p><b>обязательно</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– фамилия, имя, отчество (при наличии) всех авторов полностью</li> <li>– полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город. Если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно;</li> <li>– адрес электронной почты для каждого автора;</li> <li>– почтовый адрес и номер телефона для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).</li> </ul> <p><b>опционально</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– должность, звание, ученая степень; другая информация об авторах.</li> </ul> |
| Условия публикации | <p>Все статьи обязательно подлежат редакции (научной и технической).<br/> В конце рукопись подписывается научным редактором.<br/> Редакционная комиссия сборника материалов конференции оставляет за собой право отказать в публикации авторам статей, не соответствующих уровню журнала.<br/> Публикация оплачивается организацией, представившей статью, или автором.<br/> Стоимость одной страницы формата А4 составляет 150 сомов</p>  |

Наименования всех направляемых авторами файлов должны иметь следующие форматы:

«фамилия, и.о. автора статьи, статья.docx»;

«фамилия, и.о. автора статьи, авт. заявление.pdf»;

«фамилия, и.о. автора статьи, рецензия.pdf».

Статьи представляются в формате \*.docx.

При онлайн-регистрации разрешается прикреплять ТОЛЬКО архивированные файлы в формате .zip и .rar.

Авторское заявление, рецензия и другие материалы представляются в электронном виде \*.pdf, после принятия к опубликованию – в бумажном виде (распечатка в 2-х экземплярах на лазерном принтере с разрешением минимум (600 dpi)).

Файлы направляйте по адресу: machinery.kg@gmail.ru

**МАШИНОВЕДЕНИЕ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**14**

Подписано в печать 25.12.2021 г.  
Формат 60x84 1/8. Печать офсетная.  
Объем 14 п.л. Тираж 100 экз.